

(옆면)

(앞면)

120104  
-3

인  
공  
지  
능  
I  
C  
T  
기  
반  
스  
마  
트  
계  
란  
선  
별  
시  
스  
템  
개  
발

2022

농  
림  
축  
산  
식  
품  
부  
농  
림  
식  
품  
기  
술  
기  
획  
평  
가  
원

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )  
첨단농기계산업화기술개발사업 2022년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004332-01

# 인공지능 ICT 기반 스마트 계란 선별시스템 개발

2023.05.17.

주관연구기관 / (주)에그텍  
협동연구기관 / 충남대학교

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “인공지능 ICT 기반 스마트 계란 선별시스템 개발”(개발기간 : 2020. 05. ~ 2022. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023. 05. 09.

주관연구기관명 : ㈜에그텍 (대표자) 윤택진 (인)  
협동연구기관명 : 충남대학교 산학협력단 (대표자) 김용현 (인)  
참여기관명 : (대표자) (인)



주관연구책임자 : 윤택진  
협동연구책임자 : 이승현  
참여기관책임자 :

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

**최종보고서**

보안등급	
일반[ <input checked="" type="checkbox"/> ], 보안[ <input type="checkbox"/> ]	
첨단농기계산업융합기술개발사업	

증명행정기관명			사업명	사업명								
전문기관명 (해당 시 작성)			내역사업명 (해당 시 작성)									
공고번호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)									
			연구개발과제번호	120104-3								
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0803	80%	LB0804	20%	3순위 소분류 코드명	%					
	농림식품과학기술분류	RC0203	100%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%					
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문											
	영문											
연구개발과제명	국문	인공지능 ICT 기반 스마트 계란 선별시스템 개발										
	영문	Development of an artificial intelligence-ICT based smart egg grading system										
주관연구개발기관	기관명	㈜에그텍		사업자등록번호								
	주소			법인등록번호								
연구책임자	성명	윤택진		직위		대표이사						
	연락처	직장전화			휴대전화							
		전자우편			국가연구자번호							
연구개발기간	전체	2020. 05. 29 - 2022. 12. 31( 2년 8개월)										
	단계	1단계	2021. 01. 01 - 2021. 12. 31( 년 12개월)									
	(해당 시 작성)	n단계	2022. 01. 01 - 2022. 12. 31( 년 12개월)									
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담	그 외 기관 등의 지원금				합계	연구개발비 외 지원금				
		연구개발비	지방자치단체	기타( )		연구개발비						
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계				
총계	986,000	0	330,000	0	0	0	0	986,000	330,000	1,316,000	0	
1단계	1년차	277,000	0	93,000	0	0	0	0	277,000	93,000	370,000	0
	2년차	339,000	0	113,000	0	0	0	0	339,000	113,000	452,000	0
n단계	3년차	370,000	0	124,000	0	0	0	0	370,000	124,000	494,000	0
	n년차											
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고						
						역할	기관유형					
공동연구개발기관	충남대학교 산학협력단	이승현	부교수			공동	대학					
위탁연구개발기관	충남대학교 산학협력단	조병관	교수			위탁	대학					
연구개발기관 외 기관												
연구개발담당자 실무담당자	성명	장동일		직위		기술고문						
	연락처	직장전화			휴대전화							
		전자우편			국가연구자번호							

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2023년 02월 24일

연구책임자: 윤택진



주관연구개발기관의 장: ㈜에그텍  
 공동연구개발기관의 장: 충남대학교산학협력단 (직인)  
 위탁연구개발기관의 장: 충남대학교산학협력단 (직인)



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	첨단농기계산업화기술개발사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)				연구개발과제번호		120104-3	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0803	80 %	LB0804	20 %	3순위 소분류 코드명	%
	농림식품 과학기술분류	RC0203	100 %		%	3순위 소분류 코드명	%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명	인공지능 ICT 기반 스마트 계란 선별시스템 개발						
전체 연구개발기간	2020. 05. 29. - 2022. 12. 31.(2년 8개월)						
총 연구개발비	총 1,316,000 천원 (정부지원연구개발비: 986,000 천원, 기관부담연구개발비 : 330,000 천원, 지방자치단체: 0 천원, 그 외 지원금: 0 천원)						
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[ √ ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( 5단계 ) 종료시점 목표( 6단계 )		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	○ 최종목표: 인공지능 및 ICT기반의 원격제어 및 고장예측관리가 가능한 국산화 계란 종합품질 스마트 선별시스템 개발					
	전체 내용	○ 연차별/단계별 목표 1) 1차년도 단계별 목표 - 선별기 고장예측 시스템 개발 - 이상란 검출 시작기 제작 - 미세 파각란 검출 최적 조건 구명 2) 2차년도 단계별 목표 - 선별기 고장예측 시스템 개발 및 빅데이터 플랫폼 개발 - 이상란 분광 DB 구축 및 인공지능 알고리즘 개발 - 미세 파각란 고속 판별장치 개발 3) 3차년도 단계별 목표 - 빅데이터 플랫폼 개발 및 통합시스템 시작기 성능시험 - 이상란 고속 판별장치 개발 - 미세 파각란 고속 판별장치 제어시스템 개발  ○ 연차별/단계별 연구내용 1) 1차년도 세부연구내용 - 선별기 고장예측 시스템 개발 - 이상란 검출 실험장치 구축 - 실험용 고속 계란 이송 시작기 구축 - 미세 파각란 검출 진공실험 장치 구축 - 미세 파각란 검출 실험 영상장치 구축					

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]



연구개발 목표 및 내용	전체 내용		<p>2) 2차년도 세부연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선별기 고장 예측시스템 개발</li> <li>- 빅데이터 플랫폼 개발</li> <li>- 이상란 분광 DB 구축</li> <li>- 최적 파장 조합 모델 개발</li> <li>- 미세 파각란 고속 판별장치 개발</li> <li>- 실시간 미세 파각란 영상 검출 알고리즘</li> </ul> <p>3) 3차년도 세부연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 빅데이터 플랫폼 개발</li> <li>- 통합시스템 성능시험</li> <li>- 온라인 선별기에 장착 가능한 하드웨어 제작</li> <li>- 실시간 이상란 검출기 구축 및 성능검증</li> <li>- 미세 파각란 고속 판별장치 제어시스템 개발</li> <li>- 미세 파각란 고속 판별장치 종합 성능평가</li> </ul>
	1단계[2020]	목표	<p>1) 1차년도 단계별 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선별기 고장예측 시스템 개발</li> <li>- 이상란 검출 시작기 제작</li> <li>- 미세 파각란 검출 최적 조건 구명</li> </ul>
		내용	<p>1) 1차년도 세부연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선별기 고장예측 시스템 개발</li> <li>- 이상란 검출 실험장치 구축</li> <li>- 실험용 고속 계란 이송 시작기 구축</li> <li>- 미세 파각란 검출 진공실험 장치 구축</li> <li>- 미세 파각란 검출 실험 영상장치 구축</li> </ul>
	2단계[2021]	목표	<p>2) 2차년도 단계별 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선별기 고장예측 시스템 개발 및 빅데이터 플랫폼 개발</li> <li>- 이상란 분광 DB 구축 및 인공지능 알고리즘 개발</li> <li>- 미세 파각란 고속 판별장치 개발</li> </ul>
		내용	<p>2) 2차년도 세부연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선별기 고장 예측시스템 및 빅데이터 플랫폼 개발</li> <li>- 이상란 분광 DB 구축</li> <li>- 최적 파장 조합 모델 개발</li> <li>- 미세 파각란 고속 판별장치 개발</li> <li>- 실시간 미세 파각란 영상 검출 알고리즘</li> </ul>
	3단계[2022]	목표	<p>3) 3차년도 단계별 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선별기 고장예측 시스템 및 빅데이터 플랫폼 성능시험</li> <li>- 이상란 분광 DB 구축 및 성능시험</li> <li>- 미세 파각란 고속 판별장치 성능시험</li> </ul>
		내용	<p>3) 3차년도 세부연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선별기 고장 예측시스템 개발 및 성능시험</li> <li>- 빅데이터 플랫폼 개발 및 성능시험</li> <li>- 이상란 분광 DB 구축 및 종합성능시험</li> <li>- 최적 파장 조합 모델 개발</li> <li>- 미세 파각란 고속 판별장치 개발 및 종합성능시험</li> <li>- 실시간 미세 파각란 영상 검출 알고리즘</li> </ul>

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 갈색란에 적합한 선별기술을 개발하여 이상란 선별 정확도를 높이고, 현행 유통 계란의 품질검사 효율을 크게 향상할 수 있음</li> <li>○ 내부 이상란(혈란, 비정상 난황, 부패란) 고속 판별장치를 통해 시각적으로 검출하기 어려운 계란 내부 이상을 빠르게 선별할 수 있으므로 검출 시간을 단축하면서 오검출률을 줄일 수 있어 기존 공정보다 효율적인 선별 공정 수행 능력 확보</li> <li>○ 국내 검출 기술을 적용한 선별시스템은 해외 장비보다 경제적인 가격으로 제공될 수 있으므로 영세업체로의 확대 도입 가능</li> <li>○ 인공지능 및 ICT 기반 장비 원격제어 및 고장예측 기술을 통해 납품 후 기계 고장으로 인한 비용손실을 막고, Vis/NIR 영역의 분광분석 기술 및 음압방식 미세크랙 검출기술을 통합한 계란 선별기 개발 및 연구결과 데이터베이스를 통해 갈색란에 부합하는 센서와 장비들을 최적화하여 달걀 유통의 안전관리구조 및 위생 향상 방안을 모색하고 관리비용을 절감 가능.</li> </ul>
--------	---

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 활용계획 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구개발을 통해 내부이상란 및 미세 파각란 비파괴 판정을 위한 기술을 개발하고 DB를 구축하여 계란 등급판별 현장에 설치하여 실시간으로 계란 등급 전수검사를 시행할 계획이며, 선별기의 인공지능에 의한 고장진단 및 빅데이터 플랫폼을 상용화할 계획임.</li> </ul> </li> <li>○ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 내부 이상란(혈란, 비정상 난황, 부패란) 고속 판별장치를 통해 시각적으로 검출하기 어려운 계란 내부 이상을 빠르게 선별할 수 있으므로 검출 시간을 단축하면서 오검출률을 줄일 수 있어 기존 공정보다 효율적인 선별 공정 수행 능력 확보</li> <li>- 난황 손상, 무난황, 변질 및 부패 계란 등 계란의 내부적 결함을 종합적으로 고속 One-Step 검출할 수 있는 원천기술을 확보할 수 있음.</li> <li>- 인공지능 기반 선별시스템의 양방향 인터넷 원격통신·제어시스템 개발 및 데이터 확보를 통해 생산 및 유지비용 절감과 대량 선별에서 야기되는 불확실성 문제를 해결함으로써 유기적이고 통합적인 최적의 생산 환경 시스템을 구축할 수 있음.</li> </ul> </li> </ul>
---------------------	---

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비공개여부 : 비공개</li> <li>○ 사유 : 이상란 분광 DB (혈란검출기)와 미세 파각란 고속 판별장치 (파각란검출기)의 설계내용 및 S/W는 주관연구기관인 (주)에그텍의 대외비 기술임으로 공개가 불가함.</li> </ul>
--------------------	--

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		확합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	5	3										

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록 번호

국문핵심어 (5개 이내)	인공지능	비파괴	영상처리	음압	자동계란선별기
영문핵심어 (5개 이내)	Artificial Intelligence	Non-destructive	Image Processing	Negative Pressure	Automatic Egg Grading System

## 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	----- 07
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	----- 08
제1세부과제	----- 08
제2세부과제	----- 96
제3세부과제	----- 136
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	----- 181
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)	----- 190
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	----- 193
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	----- 194
별첨 자료 (참고 문헌 등)	

## 1. 연구개발과제의 개요

### 1-1. 최종목표

인공지능 및 ICT 기반의 원격제어 및 고장예측 관리가 가능한 국산화 계란 종합품질 스마트 선별시스템 개발

### 1-2. 연구과제의 구성

(1) 제1세부연구과제(주관 : (주)에그텍)

ICT 기반 계란 선별기 원격 통합관리기술 및 AI 기반 고장예측 기술개발

(2) 제2세부연구과제(협동 : 충남대학교)

미세 파각란 자동판별을 위한 음압방식 적용 고속 판별장치 개발

(3) 제3세부연구과제(위탁 : 충남대학교)

내부 이상란 자동판별을 위한 AI 기반 고속 판별장치 개발

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 제1세부과제 (주관 - (주)에그텍)

#### ICT 기반 계란선별기 원격 통합관리기술 및 AI 기반 고장예측 기술개발

##### 1. 연구목적

- 1) 계란선별기 장비의 신뢰도 및 안정성 향상을 위해서는 장비 고장에 대한 신속한 대응과 더불어 고장에 대한 사전 예측을 통해 기기 고장에 대한 예방 작업이 요구됨.
- 2) 4차 산업혁명 이후 인공지능 기술의 확산과 기존 산업 분야의 결합은 높은 정확도와 신속성을 제공할 수 있음. 계란선별기 장비에서 발생하는 기기 정보 및 외부 환경 정보를 기반으로 Machine Learning Algorithm을 적용한다면 장비에 대한 고장 위험을 사용자 및 기기 담당자에게 제공하고, 고장에 대한 방지 대책을 제시하여 농장에서 발생하는 피해를 감소시킬 수 있을 것으로 기대됨.
- 3) Machine Learning Model의 신뢰성을 확보하기 위해서는 안정적인 데이터 수집 시스템이 요구되고, 모델의 활용성을 향상시키기 위해서는 현업에서의 수요를 기반으로 다양한 시나리오를 분석하여 적절한 형태의 시각화 및 모니터링 기능을 포함한 빅데이터 플랫폼이 필수적으로 구축되어야 함.
- 4) 본 연구는 위의 목적을 달성하기 위한 기반 데이터 확보 전략 수립, 고장 발생 시나리오에 따른 Machine Learning Model 선정 및 실험을 수행하여 신뢰도 높은 고장예측 모델을 개발하고, 이를 효율적으로 운영할 수 있는 중앙집중형 Big Data Platform을 개발하는 것을 목적으로 함.

## 2. 계란선별기의 구조





### 3. 계란선별기의 A/S 보고서 분석

3-1. A/S 보고서 작성 기간 : 2015년 12월 - 2020년 5월 (5년간)

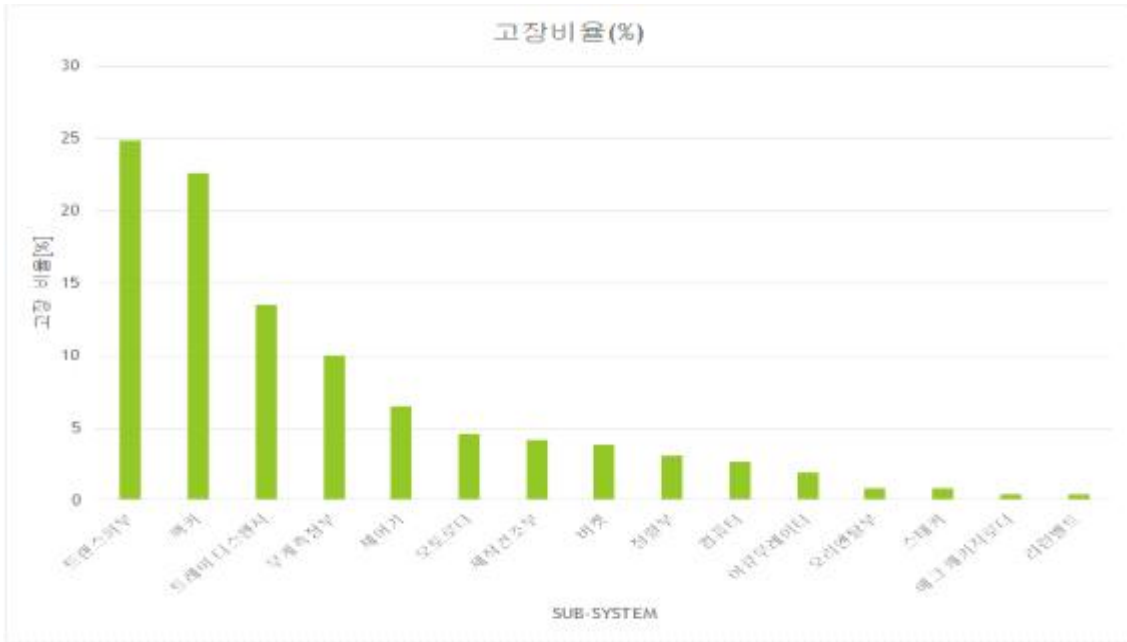
3-2. A/S 결과 보고서 : 2015년 12월 - 2020년 5월 (총 16개)

- 2015년 12월
- 2016년 3월, 5월, 7월, 8월, 10월
- 2017년 2월, 3월, 4월, 5월
- 2019년 6월, 7월, 12월
- 2020년 2월, 4월, 5월

3-3. A/S Sub-system 분류 (2015.12 - 2020.5)

1. 트랜스퍼부	(65회) **	System1	24.9%
2. 팩커	(59회) **	System2	22.6%
3. 트레이 디스펜서	(35회) **	System3	13.5% (*)
4. 무게측정부	(26회) **	System4	10.0%
5. 제어기	(17회) **	System5	6.5% (*)
6. 오토로더	(12회) **	System6	4.6% (*)
7. 세척건조부	(11회) **	System7	4.2% (*)
8. 버켓	(10회) **	System8	3.8%
9. 정렬부	(8회)		3.1%
10. 컴퓨터	(7회)		2.7%
11. 어큐무레이터	(5회)		1.9%
12. 오리엔탈부	(2회)		0.8%
13. 스택커	(2회)		0.8%
14. 에그 패키지로더	(1회)		0.4%
15. 리턴벨트	(1회)		0.4%
합계	261회		100.0%

3-4. 고장 비율 그래프 : A/S Sub-system 분류(2015.12 - 2020.5)



## 4. 스마트 계란선별기의 고장예측 시스템 개발

### 4-1. 목적

- 기존의 기계 및 장비의 수리는 사후정비가 주로 사용되고, 예방정비 기술은 고가의 시스템에만 적용되었다. 하지만 디지털 전환, ICT 기술의 발전, 스마트팩토리와 같은 제조산업 분야의 향상에 따라 다양한 적용 방법들이 나타나면서[1, 2] 기계나 장비의 실시간 모니터링 및 고장 예지·보전 기술의 필요성이 부각되고 있다.
- 실시간 모니터링 및 고장 예지·보전 기술을 활용한 예방정비는 센서 및 스마트 디바이스를 활용한 데이터(빅데이터)수집, 빅데이터 저장, 인공지능 기반 실시간 데이터 분석 및 시각화와 고성능의 컴퓨팅에 관한 연구가 동시에 필요하다. 최근에는 빅데이터를 이용하여 기계장비의 고장을 사전에 예측하여 대형 사고를 줄이고[3], 수리 비용의 절감을 위한 기계장비 고장 예지에 관한 많은 연구가 진행되고 있다.
- 양계산업에서 계란선별기는 계란생산에 필수적으로 사용되는 장비이다. 계란선별기는 다양한 부품으로 구성되어 있으며, 그 중 세척건조부, 무게측정부, 트레이 디스펜서부에서 고장이 주로 발생한다[4].
- 계란선별기의 고장은 신속한 수리가 어렵고 경우에 따라 농장시스템 전체의 가동을 마비시킬 수 있다. 이에 따른 악영향들은 계란 농가의 매출손실로 이어진다. 따라서, 농가의 매출 손실을 줄이고 계란 농가의 품질과 계란납기 측면의 공급 안전성을 위해 실시간 모니터링 및 고장 예지·보전기술의 개발이 필요하다.
- 주식회사 에그텍은 상기 배경에 따라 계란선별기에서 고장이 빈번하게 발생하는 세척건조부, 무게측정부, 트레이 디스펜서 부에 기계학습을 적용하여 계란선별기의 예방정비가 가능하게 하는 것을 목적으로 한다.

### 4-2. 연구 내용 및 방법

#### 1) 세척건조부의 고장예측 방법과 설계 내용

- 세척건조부의 주요 고장발생 부위는 계란 이송 롤리의 Attached chain임.
- 세척건조부의 작동 중에 이 Chain의 인장이 발생하면 이송에 문제가 발생하여 A/S를 실시하여야 함.
- 따라서 고장예측은 이 Chain의 인장을 계측하여 세척건조부의 고장을 예측하여야 하는데,
- 작동 중에는 직접 계측이 어려우므로, 세척건조부 양 측면에 설치된 Tension bar(텐션바)(그림 1-5, 1-6)의 이송량을 이용하여 Chain 인장량을 계측하는 방법을 선택함.

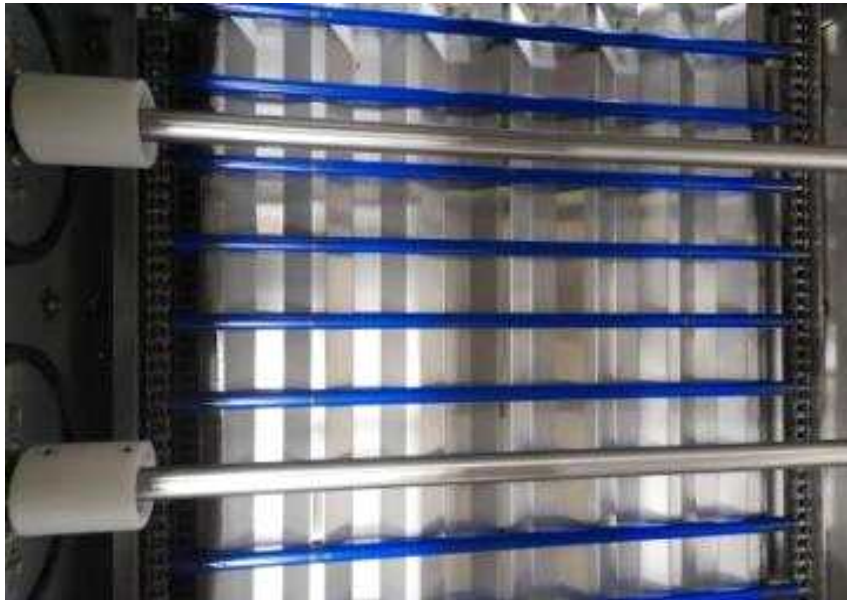


그림 1-1. 세척건조부의 계란 이송용 롤러 작동을 위한 Attached chain 모습.



그림 1-2. 세척건조부의 내부와 Attached chain을 관찰하기 위하여 상부 뚜껑을 열은 상태 사진.



그림 1-3. 계란을 선별기에 투입하는 입구에서 세척건조부를 바라본  
원경.



그림 1-4. 세척건조부의 체인 인장을 계속할 수 있는  
Tension bar (텐션바) 원경.



그림 1-5. 세척건조부의 체인 인장을 계측할 수 있는 Tension bar (텐션바)의 근경.



그림 1-6. 세척건조부의 체인 인장을 계측할 수 있는 Tension bar (텐션바)의 반대편 근경 사진.



그림 1-7. 세척건조부의 체인 인장을 계측할 수 있는 센서의 원리와 설계 내용

변위센서의 원리

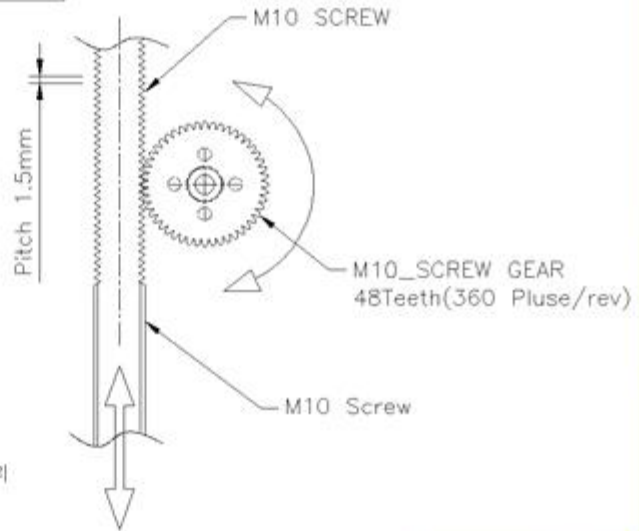
M10나사의 직선 운동이 M10원형 스크류기어의 회전 운동으로 변환이 되고, 이 스크류기어가 1회전할 때 360펄스 출력되도록 설계하였음.  
(720Pulse/rev선택시 0.1mm단위로 측정가능)

$$1.5\text{mm} \times 48\text{teeth} = 72\text{mm/rev}$$

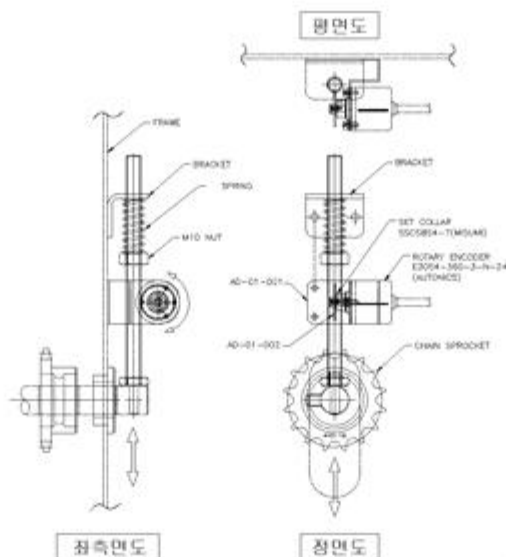
$$360\text{Pulse/rev} = 72\text{mm(나사의 변위)}$$

$$\text{Pulse 분해능} = \frac{72}{360} = 0.2\text{mm}$$

••이러한 원리를 이용하여 인공지능 S/W는 체인의 길이 변위와 체인의 진동을 인식할 수 있음.



인공지능 고장예측용 센싱 디바이스 ASSY



## 2) 제어부의 고장예측 방법과 설계내용

- 제어부에 나타나는 고장의 특징은 선별될 계란의 무게를 측정하여 그 결과가 모니터에 불안정한 상태로 나타나는 현상이 발생하는 것임.
- 따라서 무게측정부에서 발생하는 계란 무게의 아날로그(Analog) 값을 수신하는 PCB board (그림 1-10)에서 계측 신호의 안정성을 점검하는 방법과,
- 중앙제어부 A/D board (그림 1-13)에 들어오는 계측 신호의 안정성을 점검하는 방법이 있음.
- 이 방법을 이용하기 위하여 PCB board와 중앙제어부 A/D board에서 계란 무게 계측값을 지속적으로 모니터링 하다가 불안정한 신호가 발생하기 시작하면, 제어부의 고장을 예측하는 방법을 선택함.



그림 1-8. 선별기의 계란 무게 측정 Analog data 수신과 송신을 위한 PCB board box 외형.



그림 1-9. 선별기의 계란 무게 측정 Analog data 수신과 송신을 위한 PCB board box 내부 전경.



그림 1-10. 선별기의 계란 무게 측정 Analog data 수신과 송신을 위한 PCB board box 내부의 근접 전경.



그림 1-11. 계란선별기의 중앙제어부 외형 전경.





그림 1-12. 측정된 계란의 무게를 수신하는 중앙제어부의 A/D, D/A board의 내부 전경.



그림 1-13. 측정된 계란의 무게를 수신하는 중앙제어부의 A/D, D/A board의 근접 전경 사진.

### 3) 트레이 디스펜서부의 고장예측 방법과 설계 내용

- 트레이 디스펜서부의 주요 고장은 Egg tray의 비표준화로 인해 발생,
- Egg tray의 제조회사가 바뀌든가 또는 계절에 따른 습도 변화 등에 의해 물리적 외형 변화가 발생하여 Egg tray가 자동으로 디스펜서부에 투입되지 않을 때 고장이 발생함.
- 고장 발생을 근본적으로 예방하기 위해서는 작동 부위를 Egg tray의 물리적 변위에 따라 자동 변환할 수 있도록 구조를 재설계해야 함.
- 트레이 디스펜서부의 Mechanism을 분석한 결과에 의하면, 재설계는 많은 설계변경을 요하며, 또한 생산 원가를 매우 많이 상승시켜야 하는 부담이 발생.
- 구조의 재설계 대신 AI(인공지능) 프로그램을 이용하여 고장을 예측할 수 있는 방법을 선택함.
- 트레이 디스펜서부는 Egg tray 투입상의 문제가 발생하든가 또는 고장이 발생하면 경보음을 발생하는 알람(그림 1-19)이 울리도록 설계되어 있으며, 경보음이 발생하면 선별기 작동을 일시 중단하고, Egg tray의 크기에 맞추어 투입구를 조정하고 있음.
- 따라서 고장예측은 농장별, tray 제조회사, 월간/주간 고장 발생 빈도 및 발생 간격에 따라 고장을 예측하도록 AI를 학습하여 수행하고자 함.



그림 1-14. 계란선별기의 트레이 디스펜서부 전경 사진.



그림 1-15. 계란선별기의 트레이 디스펜서부의 제어부를 포함한 근접 사진.





그림 1-16. 계란선별기의 트레이 디스펜서부 근접 외형 사진.



그림 1-17. 계란선별기의 트레이 디스펜서부 근접 외형과 제어버튼 사진.



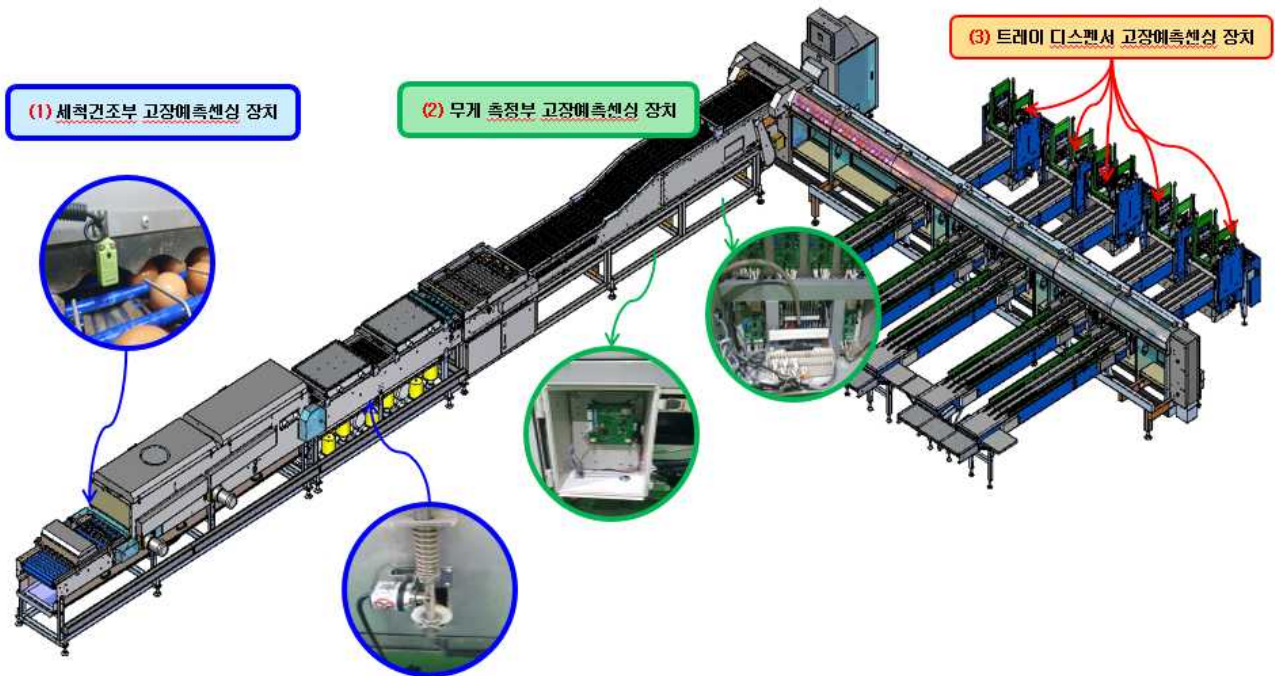
그림 1-18. 계란선별기의 트레이 디스펜서부 전면부 근접 사진.



그림 1-19. 계란선별기의 트레이 디스펜서부 전면부와 이상 작동의 경보 발생기 근접 사진.

4) 고장예측 시스템 데이터 수집 센서 및 장치

## 선별기 고장예측 대상 설치 위치 (Self Sensing Module)





# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(1)세척건조부 고장에측센싱 장치

세척건조부

계측 데이터 종류

- 엔코더의 특정 위치와 자가센싱 장치를 통해 미송 롤러 들어짐, 구간 타이밍 들어짐을 감시함.

계측용 센서명  
및 규격

- 엔코더 (E30S4-360-3-T-5) 2EA

: 엔코더는 세척건조부 양단에 설치되어 있는 텐션볼트에 부착하여, 각 각의 체인 길이 변위와 컨베이어의 운전 중 진동이나 떨림을 실시간 감지하거나, 장기적으로 체인 수명을 예측하여 고장의 전조 현상을 미리 인식하거나 예측할 수 있음.

- 근접센서 (PSN17-5DN) 1EA

: 근접센서는 컨베이어의 한 주기를 확인하기 위한 목적으로 설치하며, 컨베이어 한 주기 마다 근접센서를 이용하여 감지를 함으로써, 주기별 데이터를 추출 할 수 있음.

계측용 통신  
장비명 및 규격

- 마듀미노 (MPINO-8A8R) 1EA

: 마듀미노는 엔코더와 근접센서의 센서 아날로그 값을 입력받아, 디지털로 변환하며 엔코더의 값의 변동값 및 근접센서의 감지값을 일정시간 마다 라즈베리 파이로 전송함.

- 라즈베리파이(라즈베리파이 3 Model B+) 1EA

: 라즈베리파이는 마듀미노로 부터 디지털 값을 입력받아, 지정된 폴더에 디지털 값을 기입하며, 랜포트 및 공유기를 이용하여 IP주소를 할당 받아 서버에 데이터값을 전송함.

# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(1) 세척건조부 고장에측센싱 장치

세척건조부

계측용 센서명  
및 규격

## 1) 엔코더(E30S4-360-3-T-5) 사양



### E30S Series

외경 Ø30mm 축형 INCREMENTAL 로터리 엔코더

#### 특징

- 외경 Ø30mm의 초소형 축형 로터리 엔코더
- 높은 공간에 설치 가능
- 최대 10000rpm의 회전
- 작동전압 5VDC, 12~24VDC 가능
- 다양한 출력방식

※ 사용하시기 전에 꼭 읽어주세요! (중요 사항 주의사항을 반드시 확인하십시오.)



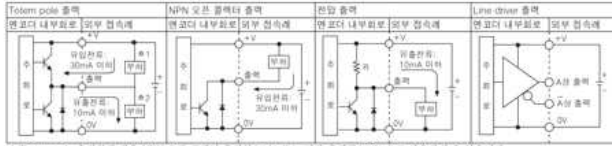
#### 모델구성

E30S	4	3000	3	N	24
------	---	------	---	---	----

※ E30S4-360-3-T-5의 경우, 4: 축형, 3000: 3000P, 3: 3V, N: NPN 오픈 콜렉터 출력, 24: 24핀 후면 배선인출형

※ Line driver는 주문시 별도 확인합니다.

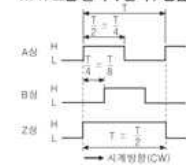
### 제어출력 회로도



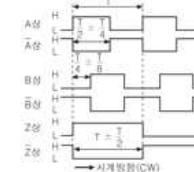
- Totem pole 출력형의 경우 NPN 오픈 콜렉터 출력형(●1) 또는 전압 출력형(●2) 으로 사용하실 수 있습니다.
- 출력회로는 A, B, Z 구성 (Line driver 출력은 A, B, B, Z 구성) 모두 동일합니다.

### 출력 파형

#### Totem pole 출력 / NPN 오픈 콜렉터 출력 / 전압 출력



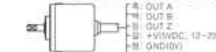
#### Line driver 출력



### 접속도

#### 후면 배선인출형

#### Totem pole 출력 / NPN 오픈 콜렉터 출력 / 전압 출력



#### Line driver 출력



※ 사용하지 않는 배선은 절연처리할 바랍니다.

※ 엔코더의 금속케이스와 필드선은 반드시 접지(GND)시켜주세요.

#### 후면 배선인출 커넥터형

#### Totem pole 출력 / NPN 오픈 콜렉터 출력 / 전압 출력



#### Line driver 출력



핀 번호	기능	배선색상	핀 번호	기능	배선색상
1	OUT A	흑	11	OUT A	흑
2	OUT B	백	12	OUT A	흑
3	OUT Z	청	13	+V	갈
4	+V	갈	14	GND	흰
5	GND	흰	15	OUT B	백
6	F.G. (Shield)	회	16	OUT B	백
7	OUT Z	청	17	OUT Z	청
8	OUT Z	청	18	OUT Z	청
9	F.G. (Shield)	회	19	F.G. (Shield)	회
10	F.G. (Shield)	회	20	F.G. (Shield)	회

※ F.G. (Field Ground): 반드시 차등 접지 하십시오.

- 141 표본명
- 142 표본명
- 143 표본명
- 144 표본명
- 145 표본명
- 146 표본명
- 147 표본명
- 148 표본명
- 149 표본명
- 150 표본명
- 151 표본명
- 152 표본명
- 153 표본명
- 154 표본명
- 155 표본명
- 156 표본명
- 157 표본명
- 158 표본명
- 159 표본명
- 160 표본명
- 161 표본명
- 162 표본명
- 163 표본명
- 164 표본명
- 165 표본명
- 166 표본명
- 167 표본명
- 168 표본명
- 169 표본명
- 170 표본명
- 171 표본명
- 172 표본명
- 173 표본명
- 174 표본명
- 175 표본명
- 176 표본명
- 177 표본명
- 178 표본명
- 179 표본명
- 180 표본명
- 181 표본명
- 182 표본명
- 183 표본명
- 184 표본명
- 185 표본명
- 186 표본명
- 187 표본명
- 188 표본명
- 189 표본명
- 190 표본명
- 191 표본명
- 192 표본명
- 193 표본명
- 194 표본명
- 195 표본명
- 196 표본명
- 197 표본명
- 198 표본명
- 199 표본명
- 200 표본명
- 201 표본명
- 202 표본명
- 203 표본명
- 204 표본명
- 205 표본명
- 206 표본명
- 207 표본명
- 208 표본명
- 209 표본명
- 210 표본명
- 211 표본명
- 212 표본명
- 213 표본명
- 214 표본명
- 215 표본명
- 216 표본명
- 217 표본명
- 218 표본명
- 219 표본명
- 220 표본명
- 221 표본명
- 222 표본명
- 223 표본명
- 224 표본명
- 225 표본명
- 226 표본명
- 227 표본명
- 228 표본명
- 229 표본명
- 230 표본명
- 231 표본명
- 232 표본명
- 233 표본명
- 234 표본명
- 235 표본명
- 236 표본명
- 237 표본명
- 238 표본명
- 239 표본명
- 240 표본명
- 241 표본명
- 242 표본명
- 243 표본명
- 244 표본명
- 245 표본명
- 246 표본명
- 247 표본명
- 248 표본명
- 249 표본명
- 250 표본명

# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(1)세척건조부 고장에측센싱 장치

세척건조부

계측용 센서명  
및 규격

## 1) 엔코더(E30S4-360-3-T-5) 장착사진

부착 위치	근접 구성 사진	전체 구성 사진
세척건조부 좌측면		
세척건조부 우측면		

# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(1)세척건조부 고장에측센싱 장치

세척건조부

계측용 센서명  
및 규격

## 1) 근접센서(PSN17-5DN) 사양



### ● 직류 3선식

\* 기본 PS17 타입의 상용과 다자임을 업그레이드하여 PSN17로 모델명이 변경됨  
\* PSN17용의 타입의 케이스 색상이 우물에서 회색으로 변경됨, 단 PS50 타입은 제외.

모델명	PS12-4DN PS12-4DP PS12-4DN2 PS12-4DN1U PS12-4DPU PS12-4DN2U	PSN17-5DN PSN17-5DP PSN17-5DP2 PSN17-5DN1U PSN17-5DPU PSN17-5DN2U	PSN17-4DN PSN17-4DP PSN17-4DN2 PSN17-4DN1U PSN17-4DPU PSN17-4DN2U	PSN17-5DN-F PSN17-5DP-F PSN17-5DN2-F PSN17-5DN1U-F PSN17-5DPU-F PSN17-5DN2U-F	PSN25-5DN PSN25-5DP PSN25-5DN2 PSN25-5DP2	PSN30-10DN PSN30-10DP PSN30-10DN2 PSN30-10DP2	PSN30-15DN PSN30-15DP PSN30-15DN2 PSN30-15DP2	PSN40-20DN PSN40-20DP PSN40-20DN2 PSN40-20DP2	PS50-30DN PS50-30DP PS50-30DN2 PS50-30DP2
감출거리	4mm	5mm	6mm	5mm	10mm	15mm	20mm	30mm	30mm
물차거리	감출거리의 10%이하								
표준감출세	12×12×1mm (1형)	12×12×1mm (1형)	12×12×1mm (1형)	25×25×1mm (1형)	30×30×1mm (1형)	45×45×1mm (1형)	60×60×1mm (1형)	90×90×1mm (1형)	90×90×1mm (1형)
실장거리	0-2.5mm	0-3.5mm	0-5mm	0-3.5mm	0-7mm	0-10.5mm	0-14mm	0-21mm	
전원전압 (사용전압범위)	12-24VDC(10-30VDC)								
소비전류	10mA 이하								
출력주파수**	500Hz	700Hz	200Hz		300Hz	250Hz	200Hz	100Hz	50Hz
전압강하	1.5V 이하								
온도역할	사용주위온도 범위에서 30℃이하 감출거리의 ±10% 이하								
제어출력	200mA 이하								
절연저항	50MΩ 이상(500VDC 이하)								
내전압	1,500VAC 50/60Hz에서 1분간								
내진동	10-55Hz(주기 1분간) 복선폭 1mm X, Y, Z 각 방향 2시간								
내충격	500m/s <sup>2</sup> (약 50G) X, Y, Z 각 방향 3회								
표시등	동작 표시등(적색 LED)								
내환경	사용주위온도 -25~70℃, 보관 시: -30~80℃								
내습도	35-95%RH, 보관 시: 35-95%RH								
보호회로	서지 보호회로, 단락 역극성 보호회로, 과전류 보호회로								
보호구조	IP67(IEC-N-계)								
배선사양	φ4mm, 3선, 2m								
재질	[AWG22, 초선지름: 0.05mm, 초선주: 60, 절연체 재질: 01.25]								
케이스	내열 ABS, 일방향 케이싱(특재): 폴리염화비닐(PVC)								
회로규격	CE								
중량	약 62g	약 71g	약 70g		약 111g		약 155g	약 220g	

각 타입 근접센서 직류 3선식의 형번 PSN17-5DN(0.05mm)입니다.  
형번 PSN17-5DN에 관한 규격 지수 사일 정보를 기꺼워드립니다.



# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(1)세척건조부 고장에측센싱 장치

세척건조부

계측용 센서명  
및 규격

## 2) 근접센서(PSN17-5DN) 장착사진

부착 위치	근접 구성 사진	전체 구성 사진
세척건조부 입구		

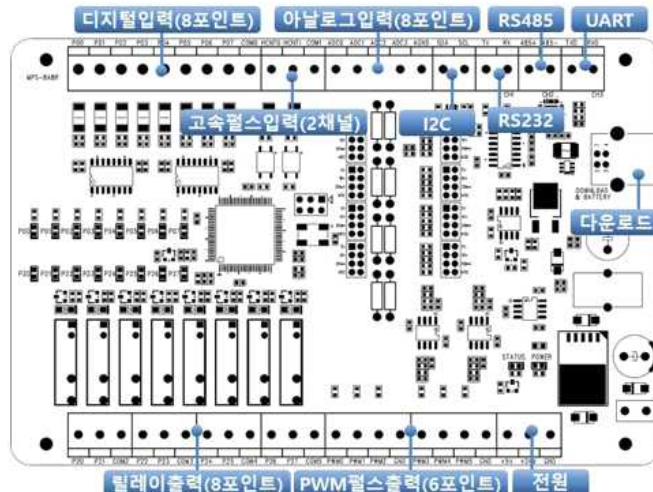
# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(1)세척건조부 고장에측센싱 장치

세척건조부

계측용 통신  
장비명 및 규격

## 1) 아두이노 (MPINO - 8A8R)



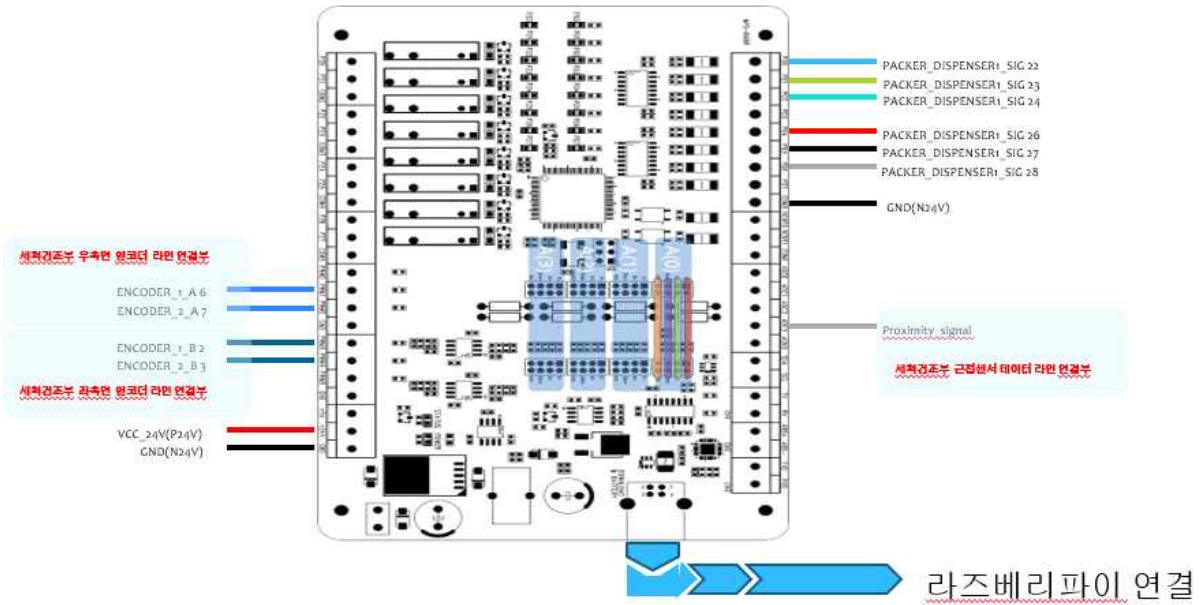
# 고장에 측 센싱장치 Self Sensing Module

(1) 세척건조부 고장에 측센싱 장치

세척건조부

계측용 통신  
장비명 및 규격

## 1) 아두이노 (MPINO - 8A8R)



# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(1)세척건조부 고장에측센싱 장치

세척건조부

계측용 통신  
장비명 및 규격

2) 라즈베리파이(라즈베리 파이 3 Model B+)



컴퓨터 연결 케이블

이더넷 연결 케이블



# 고장예측 센싱장치 Self Sensing Module

(2)무게측정부 고장예측센싱 장치

무게측정부  
(중앙제어시스템부)

계측 데이터 종류

- 로드셀의 무게측정값을 로드셀AMP단과 최종 비측정값과 비교하여, 로드셀 및 로드셀 보드의 손상여부를 확인 함.

계측용 센서명  
및 규격

- 로드셀(CB53- G600) 6EA  
: 로드셀은 무게측정을 위한 무게측정부에 설치되며, 로드셀 AMP보드를 통하여, 아날로그 신호를 추출하며, 제어보드를 통해, 디지털값으로 변환하여 PC로 송신됨.

계측용 통신  
장비명 및 규격

-로드셀 AMP전압 측정보드  
: 로드셀 AMP보드를 통하여 증폭된 로드셀 전압값을 디지털로 변환하여, USB to RS485통신을 이용하여, 선별기 PC로 전송한다. 선별기 PC에서 측정된 값과 로드셀 AMP에서 측정하는 시간을 맞추기 위하여, 선별기 PC에서 로드셀 AMP전압 측정보드로 측정 시점에 맞춰 시그널을 전송하며, 시그널을 받는 경우에만 로드셀 AMP 전압측정보드에서 전압값을 변환함.

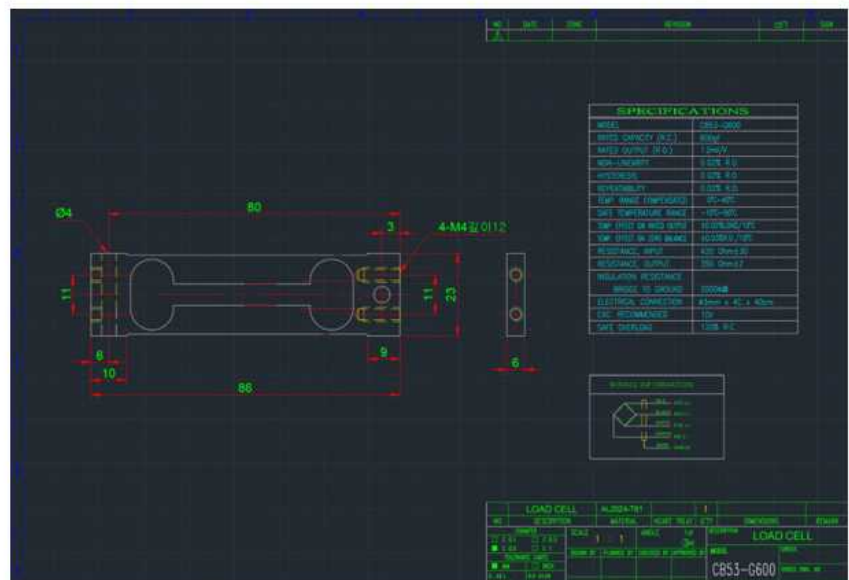
# 고장예측 센싱장치 Self Sensing Module

(2)무게측정부 고장예측센싱 장치

무게측정부  
(중앙제어시스템부)

계측용 센서명  
및 규격

## 1) 로드셀(CB53 - G600) 사양





# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(2)무게측정부 고장에측센싱 장치

무게측정부  
(중앙제어시스템부)

계측용 센서명  
및 규격

## 1) 무게측정부 장착사진



# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(2)무게측정부 고장에측센싱 장치

무게측정부  
(중앙제어시스템부)

계측용 센서명  
및 규격

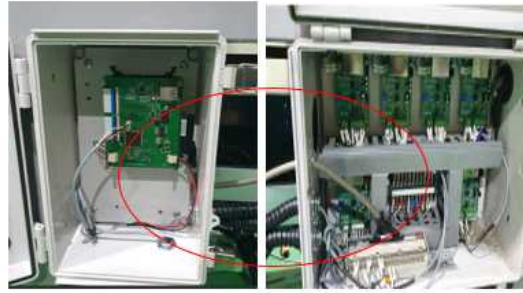
## 1) 무게측정부 케이블에 따른 핀맵



<‘ㄱ’ - ‘ㄱ’형 타입>



<‘ㄱ’ - ‘L’형 타입>



<케이블 결선부>

# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(2)무게측정부 고장에측센싱 장치

무게측정부  
(중앙제어시스템부)

계측용 센서명  
및 규격

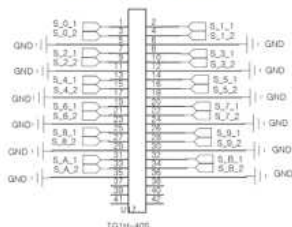
## 1-1) ‘ㄱ’ - ‘L’형 타입 케이블 사용 시 링크 단자대 핀맵



<‘ㄱ’ - ‘L’형 타입>

39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3	1
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2
	O2	G2		O4	G4		O6	G6											
	<small>R.A.2</small>	<small>(PWR)</small>		<small>R.A.2</small>	<small>(PWR)</small>		<small>R.A.2</small>	<small>(PWR)</small>											
	O1	G1		O3	G3		O5	G5		Int	GI								
	<small>R.A.2</small>	<small>(PWR)</small>		<small>R.A.2</small>	<small>(PWR)</small>		<small>R.A.2</small>	<small>(PWR)</small>		<small>R.A.2</small>	<small>(PWR)</small>								

## O1: 블록용 AMP OUT 번호 n, G1: 블록용 AMP GND 번호 n, Int: 메인 제어보드 인터럽트 라인, GI: 메인 제어보드 GND 라인







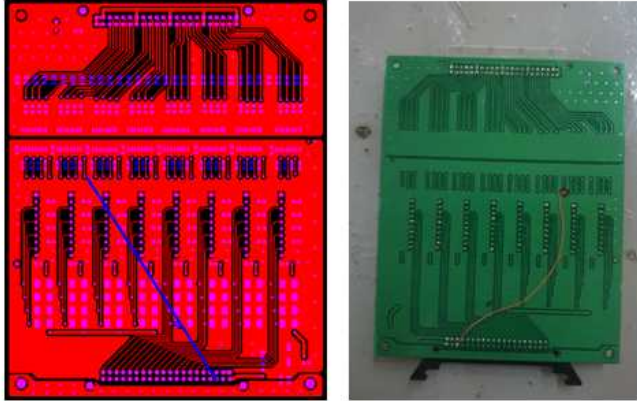
# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(2)무계측정부 고장에측센싱 장치

무계측정부  
(중앙제어시스템부)

계측용 센서명  
및 규격

## 1-3) 선별기 DO보드 인터럽트 신호 연결



★5V 인터럽트신호를 받기 위한 접퍼선

# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(3)트레이 디스펜서부 고장에측센싱 장치

트레이 디스펜서부

계측 데이터 종류

- 트레이 디스펜서의 PLC 에러 알람신호를 제어보드 내의 릴레이를 이용하여, 신호를 받음.
- 온도도 센서(AM2315)에 의해 트레이 디스펜서부 주위의 온도(°C)와 습도(RH %)를 계측함.

계측용 통신  
장비명 및 규격

- 마듀이노 (MPINO - 8A8R) 1EA

: 마듀이노는 트레이 디스펜서의 PLC에러 알람신호를 릴레이를 통하여, INPUT PIN으로 입력을 받아, 해당 신호에 맞는 알람신호를 디지털화 하여, 라즈베리파이로 데이터를 송부함.

: 라즈베리파이는 마듀이노로부터 디지털 값을 입력받아, 지정된 폴더에 디지털 값을 기입하며, 랜 포트 및 공유기를 이용하여 IP주소를 할당 받아 서버에 데이터값을 전송함.



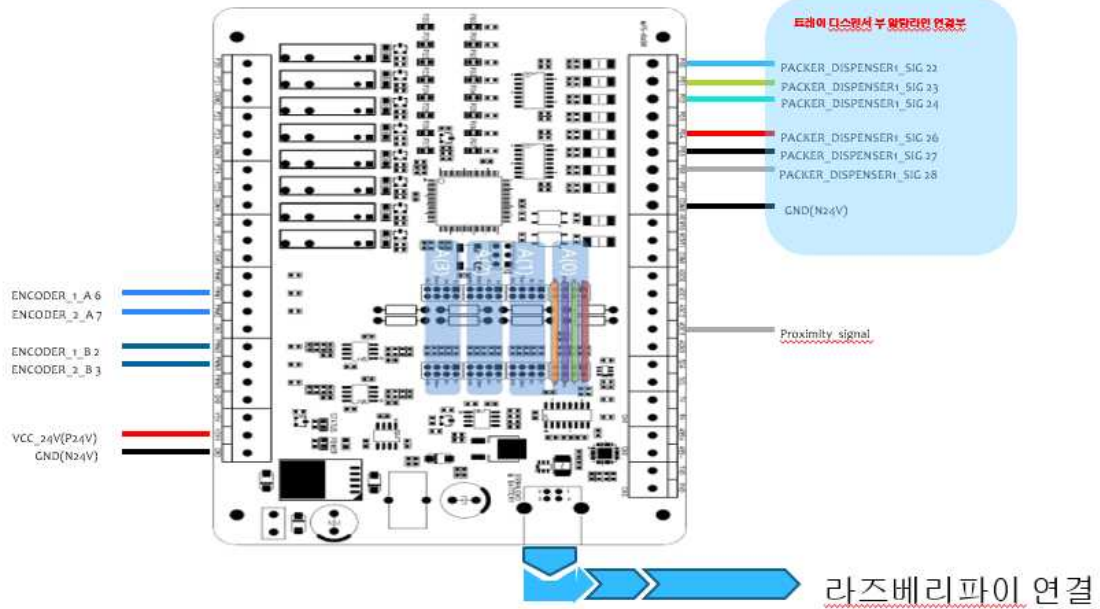
# 고장에측 센싱장치 Self Sensing Module

(3)트레이 디스펜서부 고장에측센싱 장치

트레이 디스펜서부

계측용 통신  
장비명 및 규격

## 1) 아두이노 (MPINO - 8A8R)



온·습도 센서(AM2315)관련 자료 : [###\(vctec.co.kr\)](http://###(vctec.co.kr))



## 5) 스마트 계란선별기의 계측 대상 및 모델 결과

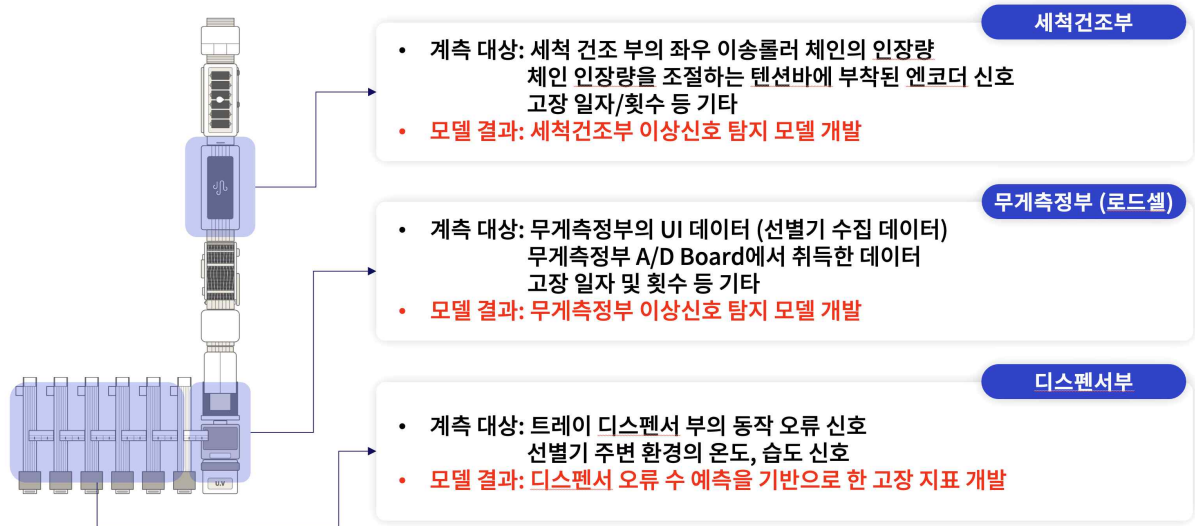


그림 1-20. 스마트 계란선별기의 계측 대상 및 모델 결과.

### □ 스마트 계란선별기의 세척건조부

- 계측 대상: 세척 건조부의 좌우 이송롤러 체인의 인장량
- 계측 대상: 체인 인장량을 조절하는 텐션바에 부착된 엔코더 신호
- 계측 대상: 고장 일자/횟수 등 기타
- 모델 결과: 계측 대상 데이터로 고장을 예지하는 모델링 개발

### □ 스마트 계란선별기의 무게측정부

- 계측 대상: 무게측정부의 미세 전압값 데이터
- 계측 대상: 무게측정부의 증폭된 전압값 데이터
- 계측 대상: 무게측정부의 A/D Board에서 취득한 데이터
- 계측 대상: 고장 일자 및 횟수 등 기타
- 모델 결과: 계측 대상 데이터로 고장을 예지하고, 고장 부위를 판별하는 모델링 개발

### □ 스마트 계란선별기의 트레이 디스펜서부

- 계측 대상: 트레이 디스펜서부의 동작 오류 신호
- 계측 대상: 고장 일자 및 횟수 등 기타
- 계측 대상: 에그 트레이 주변 환경의 온도, 습도 신호
- 모델 결과: 계측 대상 데이터로 고장 예지하는 모델링 개발

### 4-3. 스마트 계란 선별기의 고장예측 시스템 개발 내용 및 방법

#### 1. 스마트 계란선별기의 세척건조부

##### 1) 세척건조부의 데이터 개요

- 주식회사 에그텍은 달걀이 없는 Default 상태에서의 데이터를 추출 제공함. 추출된 데이터는 세척건조부의 위상변화 데이터임.
- 세척건조부는 롤러의 회전을 발생시키는 두 개의 체인으로 구성되어 있으며, 두 체인의 인장을 균일하게 조절하는 엔코더로 구성되어 있음. 또한, 세척건조부에서 발생하는 데이터는 시계열 데이터임.

1	20220110-000100.910	251	0	0
2	20220110-000101.909	251	0	0
3	20220110-000102.911	251	0	0
4	20220110-000103.911	251	0	0
5	20220110-000104.911	251	0	0
6	20220110-000105.911	251	0	0
7	20220110-000106.911	251	0	0
8	20220110-000107.910	251	0	0
9	20220110-000108.910	251	0	0
10	20220110-000109.910	251	0	0
11	20220110-000110.910	251	0	0
12	20220110-000111.910	251	0	0

그림 1-21. 세척건조부 발생 데이터.

- 세척건조부에서 발생하는 데이터는 그림 1-21과 같음. 데이터 셋의 1열은 데이터 발생시간, 2열은 주기, 3열과 4열은 세척건조부의 엔코더 A, B의 엔코더 각도(라디안)를 나타냄.

## 2) 세척건조부의 데이터 탐색 및 전처리

- 스마트 계란선별기의 세척건조부에서 발생하는 시계열 데이터를 Pandas를 통해 정리하고 Pandas 구조의 데이터를 DataBase (DB) 에 저장함.
- 데이터 탐색을 통해 데이터를 확인하고 데이터 정제(Data Cleansing)를 진행함. 데이터 정제는 결측치를 채우거나 이상값을 제거하는 과정으로 데이터의 신뢰도를 높이는 작업을 말함.
- 수령한 세척건조부의 데이터 탐색 결과, 데이터는 결측값이 다수 존재하고, 데이터 정제가 필요하다고 판단함(2021.12.20.~2022.02.03. 데이터 기준).
- 세척건조부의 데이터에서 라디안 A 값과 라디안 B값의 차이값(diff)을 생성하여 새로운 데이터 컬럼으로 추가함.
- 데이터 정제의 단계를 거친 데이터는 SQL(Structured Query Language)을 통해 DB화함.

date	^	cycle	left	right	diff
2021-12-21 09:23:12		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:13		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:14		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:15		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:16		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:17		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:18		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:19		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:20		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:21		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:22		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:23		1	0	0	0
2021-12-21 09:23:24		1	0	0	0

그림 1-22. 세척 건조부 데이터셋 구성.

- 세척 건조부의 기본 데이터셋은 5개의 컬럼으로 구성됨(그림 1-22).
  - date: 데이터의 측정 시간이며 연도, 월, 일, 시, 분, 초(밀리 단위)로 구성됨.
  - cycle: 세척부 체인 동작의 주기
  - left: 세척부 기계의 radian A값이 표시됨.

- right: 세척부 기계의 radian B값이 표시됨.
- diff: 세척부 기계의 (radian A값 - radian B값)의 절대값이 표시됨.

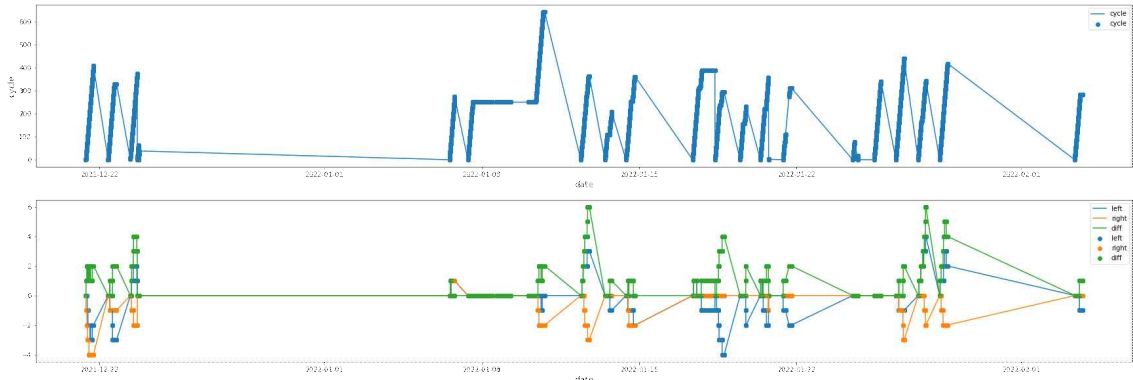


그림 1-23. 세척건조부 전체 데이터 현황.

○ 그림 1-23은 구성된 데이터셋을 사용하여 데이터 탐색을 수행한 결과임. 그림 1-23의 상단에 있는 그래프는 시간에 따른 주기의 변동을 보여주는데, 계란선별기가 동작하는 경우 주기가 우상향하는 형태를 보이며, 기기가 꺼지면 주기의 값은 리셋되어 0부터 시작됨. 주기가 일정한 값으로 평행선을 나타내는 경우는 기기 전원은 켜졌으나 세척부의 롤러가 동작하지 않은 경우임. 그림 1-23의 하단은 세척 건조부의 좌·우측의 엔코더 값과 좌·우측 엔코더 값의 차이를 시간에 따라 나타냄. 좌측 엔코더 값은 파란색, 우측 엔코더 값은 주황색이며 좌·우측 엔코더 값의 차이는 녹색으로 나타냄. 또한, 그래프상에서 실선으로 표현되는 공간은 그 시간의 데이터가 존재하지 않는 공간임. 그래프들의 결과를 종합하면 계란선별기의 가동시간은 연속적이지 않고 일정하지 않음을 의미함. 또한 주기가 길어질수록 좌·우측 엔코더 값의 차이가 증가하는 추이를 보임.

## □ 데이터 다운사이징

	start	end	count	left_mode	right_mode	diff_mode	left_mean	right_mean	diff_mean	left_max	right_max	diff_max	left_min	right_min	diff_min	left_median	right_median	diff_median
0	2021-12-21 09:23:12.226	2021-12-21 09:28:12.226	300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0	2021-12-21 09:28:13.225	2021-12-21 09:33:13.228	301	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0	2021-12-21 09:33:14.226	2021-12-21 09:38:14.230	301	0.0	-1.0	1.0	0.0	-0.76412	0.76412	0.0	0.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	-1.0	1.0
0	2021-12-21 09:38:15.229	2021-12-21 09:43:15.231	301	0.0	-1.0	1.0	0.0	-1.00000	1.00000	0.0	-1.0	1.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	-1.0	1.0
0	2021-12-21 09:43:16.231	2021-12-21 09:48:16.233	301	0.0	-1.0	1.0	0.0	-1.00000	1.00000	0.0	-1.0	1.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	-1.0	1.0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0	2022-02-03 17:14:41.260	2022-02-03 17:19:41.261	301	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.00000	1.00000	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	1.0
0	2022-02-03 17:19:42.262	2022-02-03 17:24:42.264	301	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.00000	1.00000	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	1.0
0	2022-02-03 17:24:43.264	2022-02-03 17:29:43.266	301	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.00000	1.00000	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	1.0
0	2022-02-03 17:29:44.266	2022-02-03 17:34:44.268	301	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.00000	1.00000	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	1.0
0	2022-02-03 17:34:45.267	2022-02-03 17:38:59.269	255	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.00000	1.00000	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	1.0

2351 rows x 18 columns

그림 1-24. 데이터 다운사이징을 적용한 데이터셋.

○ 그림 1-24와 같이 머신러닝에 필요한 Feature 값을 생성하기 위해 시간을 기준으로 데이터를 다운사이징함.

- 기존데이터는 1초의 주기로 데이터가 생성되나 중복되는 값이 너무 많고, 구간들의 패턴을 찾아내기 어려움.
- 패턴을 살펴보고, 중복구간의 영향이 크지 않도록 구간별 다운사이징을 진행함.
- 다운사이징은 Date를 기준으로 진행함. 5분, 8분, 10분을 기준으로 진행함.
- 다운사이징이 진행된 데이터의 평균값, 최대값, 최소값, 최빈값, 중앙값 등을 사용하여 머신러닝에 필요한 Feature 값을 생성함.
- 또한, 엔코더 A와 엔코더 B의 값이 모두 0인 경우 기기에 오류가 없다고 판단하여 Data Base에서 제외함.

## □ 슬라이딩 윈도우 기법

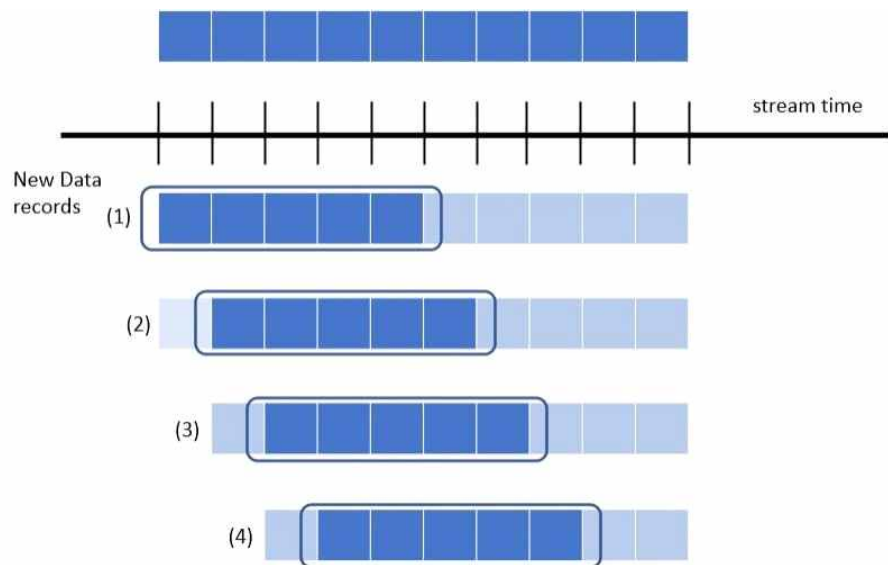


그림 1-25. 슬라이딩 윈도우 기법.

- 슬라이딩 윈도우 기법[5]은 그림 1-25와 같이 기존데이터를 윈도우사이즈에 따라 재분할하고 새로운 데이터를 생성시킴. 배열이나 리스트의 요소의 일정 범위의 값 (윈도우 사이즈 내부 값)을 비교할 때 사용하는 알고리즘이며 모델의 예측력을 높이기 위해 사용함.
- 데이터상의 0값을 제거하고, 5분, 8분 10분 단위로 다운사이징한 데이터를 적절한 윈도우 사이즈를 위해 1분, 2분 3분 주기로 중첩되게 하여 슬라이딩 윈도우 기법을 적용함.

## □ 데이터셋의 정규화

- 데이터 다운사이징과 슬라이딩 윈도우 기법을 적용한 데이터는 분포를 확인하고 최소·최대 정규화(MinMax normalization) 또는 Z-Score 표준화를 적용함.



### 3) 세척건조부의 데이터 분석

#### □ 스마트 계란선별기의 세척건조부에 사용한 비지도학습

- 스마트 계란선별기의 세척건조부에서 발생한 데이터는 계란이 올려져 있지 않은 기기의 운행데이터로 구성됨.
- 정답이 없는 데이터를 활용하기 위해서는 비지도 학습 기반의 시계열 데이터 분석 알고리즘이 필요함.
- 비지도 학습인 군집화(Clustering) 방법을 적용하고 DBSCAN알고리즘[6]을 적용함.
- DBSCAN을 적용한 이유는 DBSCAN의 경우 군집 수를 미리 정할 필요가 없고, 노이즈에 영향을 적게 받기 때문임. 또한, 불특정한 분포나 기하학적 모양의 군집을 잘 찾아내기 때문임.

#### □ Kmeans 군집화 알고리즘 적용

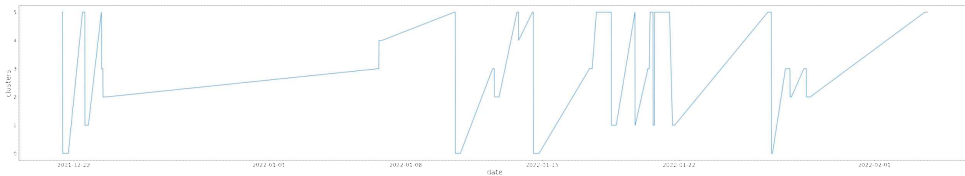


그림 1-26. Kmeans 알고리즘 군집수 K의 변동.

- Kmeans 군집화 알고리즘[7] 적용 시 이상치의 특징을 잡아내지 못함
- 실루엣 기법과 엘보우 기법으로 최적 군집의 개수 K를 설정하려고 했으나, 그림 1-26과 같이 K값은 최적값을 나타내지 않고 계속 변동함.
- K값이 계속 변동할 경우, 스마트 계란선별기에 적용하기에 적합하지 않다고 판단됨.

#### □ DBSCAN 군집화 알고리즘 적용



그림 1-27. DBSCAN 알고리즘 군집의 변동.

- 세척 건조부 데이터 분석을 위해 DBSCAN 알고리즘을 적용함. DBSCAN 알고리즘은 군집의 수를 결정할 필요가 없으며 자동으로 군집을 형성함. DBSCAN 알고리즘의 적용 시 그림 1-27과 같이 Kmeans 알고리즘보다 상대적으로 균일한 군집의 변동

을 나타내고, 군집의 수가 일정 수 이상으로 변동하지 않음. 이는 군집의 수가 사용 시간에 비례해 계속 증가하는 Kmeans 알고리즘보다 적합함.

- 표 1은 슬라이딩 윈도우와 EPS값에 따른 DBSCAN 알고리즘 모델의 결과이다. 최빈 군집과 최빈 군집의 분포를 나타냄. DBSCAN 알고리즘 결과 EPS = 2.2인 영역에서 최빈 군집과 이상치군집의 분류가 가장 잘 됨.
- 최빈군집의 경우 정상 데이터로 판단할 수 있으며, 최빈군집 이외의 군집을 이상치 군집으로 판단할 수 있음.

표 1. 슬라이딩 윈도우가 적용된 DBSCAN의 최적 EPS

	5분	7.5분	8분	10분	15분
EPS = 2	[6/31.25%]	[6/55.67%]	[10/48.08%]	[8/48.34%]	[7/76.23%]
EPS = 2.1	[4/93.98%]	[6/56.11%]	[7/90.10%]	[4/92.78%]	[5/89.93%]
EPS = 2.15	[3/96.81%]	[5/91.59%]	[5/92.66%]	[3/96.39%]	[4/89.93%]
EPS = 2.2	<b>[3/96.80%]</b>	[3/95.85%]	<b>[5/96.78%]</b>	<b>[3/96.39%]</b>	[4/89.93%]
EPS = 2.3	[4/96.80%]	[3/95.85%]	[3/92.89%]	[3/96.53%]	[3/95.71%]
EPS = 2.5	[2/99.55% ]	[2/99.34% ]	[2/99.65% ]	[2/96.68% ]	[2/99.143% ]

- 최빈군집의 경우 정상 데이터로 판단할 수 있으며, 최빈군집 이외의 군집을 이상치 군집으로 판단할 수 있음.



## □ 세척건조부의 고장예측

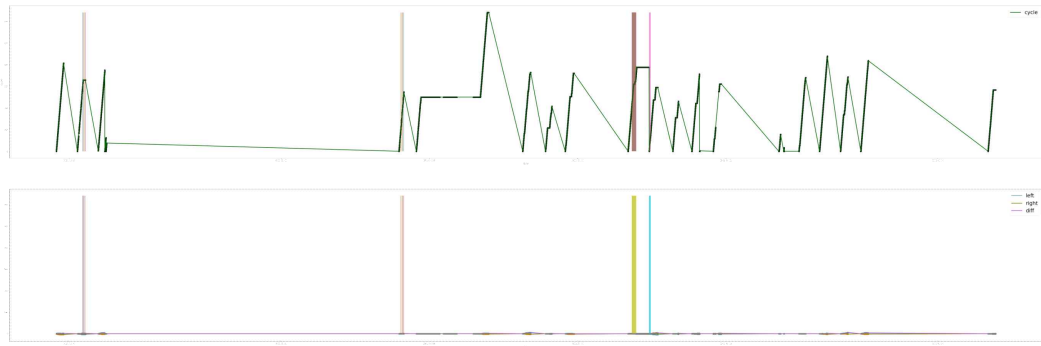


그림 1-28. 이상치 군집의 시각화.

- DBSCAN을 기반으로 하여 군집화를 적용하고, 그림 9와 같이 시간대에 해당하는 이상치 군집에 대하여 나타낼 수 있음. 그래프에 표시된 막대들은 이상치 군집을 의미하고, 색상은 이상치 군집의 종류를 의미함.

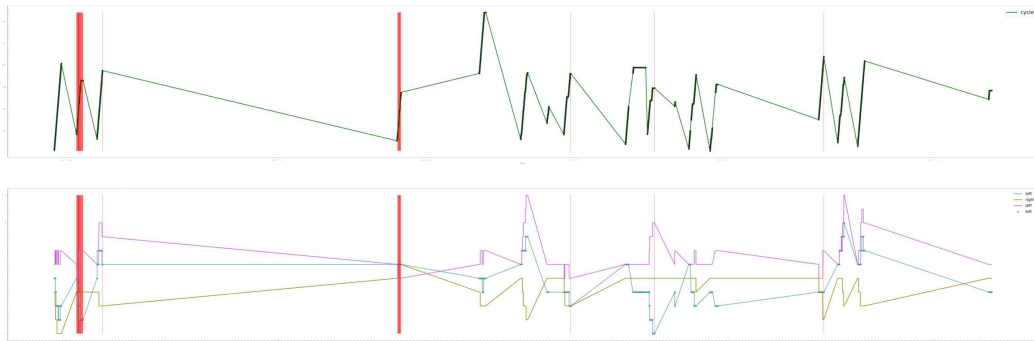


그림 1-29. 오류 의심 시간대 시각화.

- 이상치 군집을 분류하고 그림 1-29와 같이 이상치로 판단되는 군집의 분포를 활용하여 오류가 의심되는 시간대를 시각화할 수 있음. 이는 고장에 관한 판단에 도움을 줌. 추가로 데이터가 축적되면, 학습을 통해 고장에 대한 알람 또한 가능할 것으로 판단됨.

## 2. 스마트 계란선별기의 무게측정부

### 1) 무게측정부의 데이터 개요

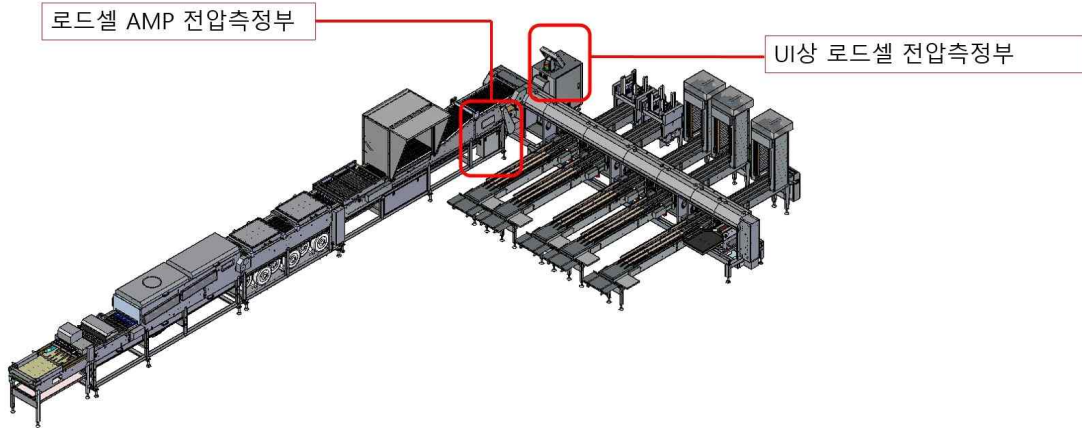


그림 1-30. 로드셀 전압측정부 구성도.

- 그림 1-30은 로드셀에서 데이터가 발생하는 부위를 나타냄. 무게측정부에서 제공받은 데이터는 로드셀 AMP 전압측정부에서 발하는 데이터와 UI 로드셀 전압측정부에서 출력되는 데이터로 구성되어 있음.

### □ 무게측정부의 AMP단 데이터

- 로드셀 AMP 전압측정부의 AMP보드에서 Analog 전압값을 디지털 값으로 변환하여 Serial 통신을 진행함.
- Serial 통신 조건은 표 2와 같음.

표 2. AMP보드의 Serial 통신조건

프로토콜	Serial 통신조건			
	통신속도	데이터비트	Parity	StopBits
ASCII 전송	115200bps	8bit	None	1

- 로드셀 AMP 전압측정부는 채널수가 6개이며, 6개의 AMP보드에서 각각의 전압을 추출하여 실시간으로 전송함. 전송 Signal의 형태는 표 3과 같음.

표 3. Signal의 형태

stx	No.	SEQ					Voltage value				ET X
		SEQ1	SEQ2	SEQ3	SEQ4	SEQ5	Value1	Value2	Value3	Value4	
0x02	Data	SEQ1	SEQ2	SEQ3	SEQ4	SEQ5	Value1	Value2	Value3	Value4	0x03

```

2022-02-03-09-01-37.110: 1132,1132,1147,1039,1039,1005
2022-02-03-09-01-37.900: 1132,1132,1164,1039,1132,1005
2022-02-03-09-01-38.620: 1132,1039,1163,1039,1132,1019
2022-02-03-09-01-39.330: 1132,1132,1166,1039,1132,1005
2022-02-03-09-01-40.030: 1040,1132,1141,1132,1040,1022
2022-02-03-09-01-40.751: 1132,1132,1147,1005,1132,1023
2022-02-03-09-01-41.452: 1132,1039,1166,1005,1132,1031
2022-02-03-09-01-42.152: 1132,1132,1148,1022,1132,1006
2022-02-03-09-01-42.943: 1023,1132,1141,1039,1132,0987
2022-02-03-09-01-43.583: 1132,1132,1137,1023,1132,1022
2022-02-03-09-01-44.284: 1132,1132,1147,1023,1132,1005
    
```

그림 1-31. AMP단의 출력 데이터.

- AMP단 전압측정부에서 발생하는 시그널값을 그림 1-31과 같이 텍스트파일로 출력함. 측정시간, 6개 채널에서 발생한 전압값이 차례로 출력됨.

□ 무게측정부의 UI단 데이터

```

2022-02-03-09-01-37.680:1021,1022,1117,995,1027,1002
2022-02-03-09-01-38.370:1022,1021,1115,991,1022,999
2022-02-03-09-01-39.080:1022,1021,1115,991,1021,999
2022-02-03-09-01-39.790:1022,1022,1115,991,1022,1000
2022-02-03-09-01-40.500:1022,1021,1115,991,1022,999
2022-02-03-09-01-41.211:1022,1022,1116,992,1023,1000
2022-02-03-09-01-41.912:1021,1020,1114,990,1022,999
2022-02-03-09-01-42.633:1022,1022,1115,991,1023,1000
2022-02-03-09-01-43.333:1022,1023,1117,993,1024,1001
2022-02-03-09-01-44.044:1021,1021,1115,991,1022,1000
    
```

그림 1-32. UI단의 출력 데이터.

- UI단의 출력데이터는 AMP단에서의 출력데이터가 전압측정부를 통해 전달되는 구조로 구성됨.
- UI단의 데이터는 그림 1-32과 같이 AMP단과 동일한 구조로 측정 시간과 6개의

시그널값으로 출력됨. 또한, AMP단 출력데이터와 마찬가지로 시계열 데이터임.

- AMP단과 UI상의 데이터는 OS시간을 기준으로 미세한 차이를 가지며, 로드셀의 특성에 의해 AMP단에서의 전압값과 UI단에서의 전압값이 차이를 보임.

※ 추가적으로 금덕농장에 설치된 스마트 계란선별기로부터 데이터를 수령하였으나, AMP단에서 출력된 데이터가 UI단으로 출력될때까지의 시간이 일정하지 않음을 발견함. 또한, 금덕농장의 종사자들이 임의로 기계를 동작하는 상황이 발생하여 전원이 수시로 종료되었음. 따라서 데이터의 사용이 불가능함.

## 2) 무게측정부의 데이터 탐색 및 전처리

### □ AMP단과 UI단에서 발생하는 출력오류 수정

```
2022-01-27-09-52-46.288: 1023,1132,1137,  
2022-01-27-09-52-46.348: 1023,1023,1022  
  
2022-01-27-09-52-46.958: 1132,1132,1137,1132,1022,1040  
2022-01-27-09-52-47.639: 1024,1132,1137,1132,1019,1007  
2022-01-27-09-52-48.310: 1132,1132,1146,1023,1023,1023  
2022-01-27-09-52-48.980: 1023,1040,1163,1035,1132,1035  
2022-01-27-09-52-49.641: 1023,1  
2022-01-27-09-52-49.691: 132,1143,1040,1040,1031  
2022-01-27-09-52-50.321: 1022,1132,1137,1132,1039,1031  
2022-01-27-09-52-50.992: 1023,1040,1143,1132,1132,0986  
2022-01-27-09-52-51.653: 1023,1132,1147,10  
2022-01-27-09-52-51.702: 40,1023,1004
```

그림 1-33. 오류 Case 1 잘못된 개행.

```

2022-01-27-15-13-23.528: ㄱ,103
2022-01-27-15-13-23.566: 9,1023,1143,1039,1132,1031,ㄴ

2022-01-27-15-13-24.247: ㄱ,1023,1132,1143,1035,1132,1002,ㄴ

2022-01-27-15-13-24.955: ㄱ,1023,1132,1132,1024,1040,1031,ㄴ

2022-01-27-15-13-25.656: ㄱ,1132,1023,1137
2022-01-27-15-13-25.688: ,1019,1132,1031,ㄴ

2022-01-27-15-13-26.376: ㄱ,1039,1132,1137,1023,1023,1031,ㄴ

2022-01-27-15-13-27.079: ㄱ,1132,1024,1141,1035,1132,1035,ㄴ

2022-01-27-15-13-27.788: ㄱ,1023,1040,1132,1132,1039,1031,ㄴ

2022-01-27-15-13-28.503: ㄱ,1023,1132,1132,1040,1040,1006,ㄴ

2022-01-27-15-13-29.208: ㄱ,1023,1040,1137,1039,1024,1004,ㄴ

2022-01-27-15-13-29.912: ㄱ,1132,1039,1143,1002,1132,1004,ㄴ

2022-01-27-15-13-30.615: ㄱ,1040,
2022-01-27-15-13-30.645: 1040,1143,1035,1040,1031,ㄴ

```

그림 1-34. 오류 Case 2 특수문자 포함.

```

2022-01-28-16-13-09.144: 2 44 49 48 50 50 44 49 48 52 48 44 49 49 51 55 44 49 48 51 57 44 49 48 52 48 44
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0

2022-01-28-16-13-09.242: 2 44 49 48 50 50 44 49 49 51 50 44 49 49 51 55 44 49 48 48 52 44 49 48 50 51 44
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0

2022-01-28-16-13-09.855: 2 44 49 48 50 51 44 49 48 50 51 44 49 49 51 55 44 49 48 52 48 44 49 49 51 50 44
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0

2022-01-28-16-13-10.555: 2 44 49 48 50 52 44 49 48 51 57 44 49 49 52 55 44 49 48 51 53 44 49 49 51 50 44
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0

2022-01-28-16-13-11.268: 2 44 49 48 52 48 44 49 48 50 51 44 49 49 52 49 44 49 49 51 50 44 49 49 51 50 44
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0

2022-01-28-16-13-11.978: 2 44 49 48 52 48 44 49 48 50 51 44 49 49 52 55 44 49 48 51 53 44 49 48 52 48 44
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0

2022-01-28-16-13-12.683: 2 44 49 48 50 50 44 49 49 51 50 44 49 49 51 55 44 49 49 51 50 44 49 48 50 51 44
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0

2022-01-28-16-13-13.387: 2 44 49 48 51 57 44 49 48 51 49 44 49 49 54 52 44 49 48 51 49 44 49 49 51 50 44
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0

```

그림 1-35. 오류 Case 3 숫자 0의 과다 포함.

- AMP단과 UI단은 데이터를 수집하는 과정에서 그림 1-33과 같은 잘못된 개행, 누락 등의 오류가 발생함.
- AMP데이터의 문자열을 확인하여 그림 1-34, 그림 1-35와 같은 공백, 특수문자, Null 값들을 제거하였음.
- 시그널의 특성상 시간차가 근소하게 나는 데이터들의 직후 데이터와 문자열을 연결 시켜 온전한 데이터를 만듦.
- 마찬가지로 UI단에서 발생하는 데이터도 같은 절차를 거쳐 데이터오류를 수정함
- AMP데이터의 오류수정 후 AMP데이터에서 측정된 데이터와 UI에 전송되어 출력되는 시차를 보정하고 병합함.

## □ 피처(Feature)생성



	0	1_AMP	2_AMP	3_AMP	4_AMP	5_AMP	6_AMP	1_UI	2_UI	3_UI	4_UI	5_UI	6_UI	1_diff	2_diff	3_diff	4_diff	5_diff	6_diff
0	2022-01-25 17:47:00	1040	1132	1132	1132	1023	1035	1002	1014	1084	1008	1018	1000	38	118	48	124	5	35
1	2022-01-25 17:47:01	1132	1023	1137	1024	1022	1035	1002	1013	1082	1004	1013	998	130	10	55	20	9	37
2	2022-01-25 17:47:02	1023	1132	1132	1132	1039	1024	1004	1012	1079	1001	1009	996	19	120	53	131	30	28
3	2022-01-25 17:47:03	1040	1024	1137	1023	1040	1031	1003	1011	1078	999	1007	995	37	13	59	24	33	36
4	2022-01-25 17:47:04	1132	1040	1143	1132	1132	1022	1004	1012	1079	1000	1008	996	128	28	64	132	124	26
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
95043	2022-02-03 14:51:47	1023	1040	1143	1023	1132	1004	1004	1017	1074	990	1005	994	19	23	69	33	127	10
95044	2022-02-03 14:51:48	1039	1039	1143	1019	1132	1004	1004	1017	1073	989	1004	993	35	22	70	30	128	11
95045	2022-02-03 14:51:49	1023	1132	1137	1039	1039	1031	1005	1018	1073	989	1004	993	18	114	64	50	35	38
95046	2022-02-03 14:53:31	1132	1040	1137	1040	1039	1022	1003	1020	1077	995	1010	997	129	20	60	45	29	25
95047	2022-02-03 14:53:32	1040	1132	1132	1031	1039	1022	1005	1018	1072	990	1004	992	35	114	60	41	35	30

그림 1-36. 피쳐값 Diff를 추가한 데이터셋.

(AMP: AMP단 데이터, UI: UI단 데이터, Diff: AMP단과 UI단 데이터의 차)

- 모델의 정확성을 향상시키기 위해 학습가능한 데이터셋의 피쳐를 생성함. 먼저 그림 1-34와 같이 기존의 AMP, UI에서 출력되는 데이터를 포함하고 AMP단과 UI단의 차이를 나타내는 값을 구간으로 구분하고 diff(different)로 표기함. 구분된 구간의 평균을 적용하여 피쳐값을 생성함.

Resample Scale  분

TIMESTAMP	FIRST_1_DIFF	FIRST_2_DIFF	FIRST_3_DIFF	FIRST_4_DIFF	FIRST_5_DIFF	FIRST_6_DIFF	MAX_1_DIFF	MAX_2_DIFF	MAX_3_DIFF	MAX_4_DIFF	MAX_5_
2022-01-25 17:45:00	38	118	48	124	5	35	130	122	135	134	
2022-01-25 17:50:00	37	27	50	127	9	37	130	123	69	135	
2022-01-25 17:55:00	21	120	64	34	118	33	21	120	64	34	
2022-01-25 18:00:00	37	26	55	35	25	37	129	122	85	137	
2022-01-25 18:10:00	37	119	47	-1	117	33	37	121	69	133	
2022-01-26 10:05:00	31	105	62	42	110	15	124	112	89	143	
2022-01-26 10:10:00	31	108	58	50	8	37	124	113	88	143	
2022-01-26 10:15:00	32	0	73	41	116	20	125	112	92	144	
2022-01-26 10:20:00	10	106	58	48	3	27	125	113	111	142	
2022-01-26 10:25:00	32	15	64	140	19	31	127	113	94	146	
2022-01-26 10:30:00	32	-3	66	31	111	20	126	111	111	144	
2022-01-26 10:35:00	33	107	67	43	110	30	127	113	97	145	
2022-01-26 10:40:00	14	14	73	44	110	-3	125	116	96	145	
2022-01-26 10:45:00	124	14	68	41	16	16	126	112	98	143	

그림 1-37. 각 데이터의 시작값, 최대값, 최소값, 평균값, 마지막값을 추가한 최종 데이터셋.

- Diff가 추가된 데이터셋에 그림 1-37와 같이 5분 간격으로 각 데이터의 시작값, 최대값, 최소값, 평균값, 마지막값을 추출하여 머신러닝을 위한 피쳐를 증가시킴.

## □ 슬라이딩 윈도우 기법 적용



- 세척건조부와 마찬가지로 슬라이딩 윈도우 기법을 사용함.
- 시계열 데이터로 구분되는 로드셀 데이터를 특정 시점 전후의 데이터를 동시에 고려함.
- 그림 1-38과 같이 처리하고자하는 시간 간격으로 윈도우사이즈(Window size)를 조절함.

Window Size 5 분 실행하기

TIMESTAMP	MAX_FIRST_1_DIFF	MAX_FIRST_2_DIFF	MAX_FIRST_3_DIFF	MAX_FIRST_4_DIFF	MAX_FIRST_5_DIFF	MAX_FIRST_6_DIFF	MAX_MAX_1_DIFF	MAX_MAX_2_DIFF
2022-01-26 10:25:00	32	108	73	140	116	37	127	
2022-01-26 10:30:00	32	108	73	140	116	37	127	
2022-01-26 10:35:00	33	107	73	140	116	31	127	
2022-01-26 10:40:00	33	107	73	140	111	31	127	
2022-01-26 10:45:00	124	107	73	140	111	31	127	
2022-01-26 10:50:00	124	107	73	138	111	33	127	
2022-01-26 10:55:00	124	107	73	139	110	33	127	
2022-01-26 11:00:00	124	107	73	140	110	35	126	
2022-01-26 11:05:00	124	107	73	140	109	35	126	
2022-01-26 11:10:00	33	107	73	140	109	125	126	
2022-01-26 11:15:00	33	107	73	140	109	125	126	
2022-01-26 11:20:00	125	107	80	140	109	125	126	
2022-01-26 11:25:00	125	106	80	139	109	125	126	
2022-01-26 11:30:00	125	106	80	139	109	125	126	

그림 1-38. 슬라이딩 윈도우 기법 적용화면.

## □ 피쳐 스케일링 (Feature scalling) 적용

- 군집분석은 거리기반 알고리즘으로 거리측도를 이용하여 관측값 사이에서 유사성을 찾아 군집을 형성함.
- 따라서 넓은 범위를 가지는 변수는 군집에서 더 큰 영향력을 가지게 되므로 하나의 범위로 재 정의하는 과정이 필요함.

	0	1_diff	2_diff	3_diff	4_diff	5_diff	6_diff		1_diff	2_diff	3_diff	4_diff	5_diff	6_diff
0	2022-01-25 17:47:00	38	118	48	124	5	35		0.414634	0.934911	0.620690	0.853535	0.252632	0.434066
1	2022-01-25 17:47:01	130	10	55	20	9	37		0.975610	0.295858	0.650862	0.328283	0.273684	0.445055
2	2022-01-25 17:47:02	19	120	53	131	30	28		0.298780	0.946746	0.642241	0.888889	0.384211	0.395604
3	2022-01-25 17:47:03	37	13	59	24	33	36		0.408537	0.313609	0.668103	0.348485	0.400000	0.439560
4	2022-01-25 17:47:04	128	28	64	132	124	26		0.963415	0.402367	0.689655	0.893939	0.878947	0.384615
...	...	...	...	...	...	...	...		...	...	...	...	...	...
95043	2022-02-03 14:51:47	19	23	69	33	127	10		0.298780	0.372781	0.711207	0.393939	0.894737	0.296703
95044	2022-02-03 14:51:48	35	22	70	30	128	11		0.396341	0.366864	0.715517	0.378788	0.900000	0.302198
95045	2022-02-03 14:51:49	18	114	64	50	35	38		0.292683	0.911243	0.689655	0.479798	0.410526	0.450549
95046	2022-02-03 14:53:31	129	20	60	45	29	25		0.969512	0.355030	0.672414	0.454545	0.378947	0.379121
95047	2022-02-03 14:53:32	35	114	60	41	35	30		0.396341	0.911243	0.672414	0.434343	0.410526	0.406593

그림 1-39. MinMax 적용 전·후 데이터(좌:원본, 우: MinMax 적용).

	0	1_diff	2_diff	3_diff	4_diff	5_diff	6_diff		1_diff	2_diff	3_diff	4_diff	5_diff	6_diff
0	2022-01-25 17:47:00	38	118	48	124	5	35		0.152909	1.026047	-0.612676	1.161800	-1.209470	0.528331
1	2022-01-25 17:47:01	130	10	55	20	9	37		3.357421	-1.234987	-0.239418	-0.971581	-1.126410	0.661799
2	2022-01-25 17:47:02	19	120	53	131	30	28		-0.508893	1.067918	-0.346063	1.305393	-0.690342	0.061192
3	2022-01-25 17:47:03	37	13	59	24	33	36		0.118077	-1.172181	-0.026128	-0.889528	-0.628047	0.595065
4	2022-01-25 17:47:04	128	28	64	132	124	26		3.287758	-0.858148	0.240485	1.325906	1.261579	-0.072277
...	...	...	...	...	...	...	...		...	...	...	...	...	...
95043	2022-02-03 14:51:47	19	23	69	33	127	10		-0.508893	-0.962826	0.507098	-0.704909	1.323874	-1.140024
95044	2022-02-03 14:51:48	35	22	70	30	128	11		0.048414	-0.983761	0.560421	-0.766448	1.344639	-1.073290
95045	2022-02-03 14:51:49	18	114	64	50	35	38		-0.543724	0.942305	0.240485	-0.356183	-0.586517	0.728534
95046	2022-02-03 14:53:31	129	20	60	45	29	25		3.322590	-1.025632	0.027195	-0.458749	-0.711107	-0.139011
95047	2022-02-03 14:53:32	35	114	60	41	35	30		0.048414	0.942305	0.027195	-0.540802	-0.586517	0.194660

그림 1-40. Z-Score 적용 전·후 데이터(좌:원본, 우: Z-Score 적용).

- 그림 1-39과 같이 최소·최대 정규화(MinMax normalization)[8]와 그림 1-40과 같이 Z-Score 표준화를 진행함.
- 무게측정부의 데이터는 이미 Feature간 단위가 같기 때문에 이 과정이 분석의 타당성을 크게 높여주지는 않지만, scale 별로 분포가 조금씩 달라져 다각적으로 분석을 가능하게 하는 의미가 있음.
- 적용결과 이상치(Outlier)가 적고 고른 분포일 경우 MinMax정규화가 유리하고, 이상치의 표현은 Z-Score가 유리함.
- 또한, 계란등급제에 따라 계란의 분류는 68g이상(왕란), 68~60g(특란), 60~52g(대란), 52~44g(중란), 44g미만(소란)으로 이뤄지는데 계란이 8g이내의 편차로 규격이 구분되므로 계란의 무게를 측정하는 로드셀의 데이터도 편차가 작아 MinMax 정규화 적용시 더 분포가 좋은 경향을 보임.

### 3) 무게측정부의 데이터 분석

#### □ 분석 로드맵

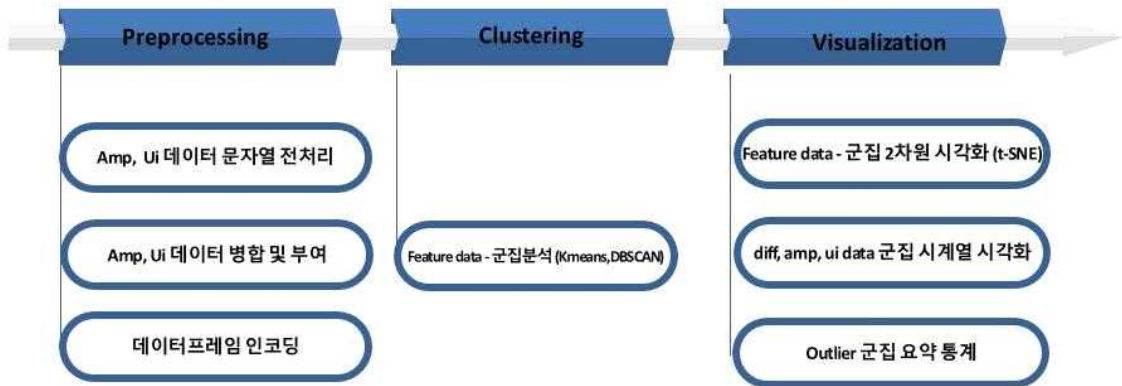


그림 1-41. 스마트 계란선별기의 무게측정부 실험 로드맵.

- 그림 1-41는 스마트 계란선별기의 실험 순서를 나타내고 있음. 먼저 무게측정부에서 발생한 데이터를 전처리를 통해 데이터셋을 생성하고 머신러닝 알고리즘을 적용함.
- 수집된 데이터의 특성을 반영하고 적절한 활용을 위해서 비지도 학습 기반의 시계열 데이터 분석 알고리즘을 적용함.
- 에그텍에서 제공한 무게측정부 데이터의 경우 오류로 판단할 수 있는 학습데이터가 없기 때문에 정답이 필요없는 비지도 군집 분석 알고리즘을 활용하여 다차원의 시계열 데이터에 대한 분석이 필요함.
- PCA차원축소[9]를 통해 저차원으로 표현하고 이를 통해 공정 상태를 예측하는 것을 목적으로 함.
- Kmeans, DBSCAN과 같은 머신러닝 알고리즘을 활용하여 시계열 데이터 분석을 수행함.
- 군집화 분석 결과를 t-sne[10]를 사용하여 차원을 축소하여 시각화를 진행함.

#### □ 머신러닝 군집화(Clustering) 결과

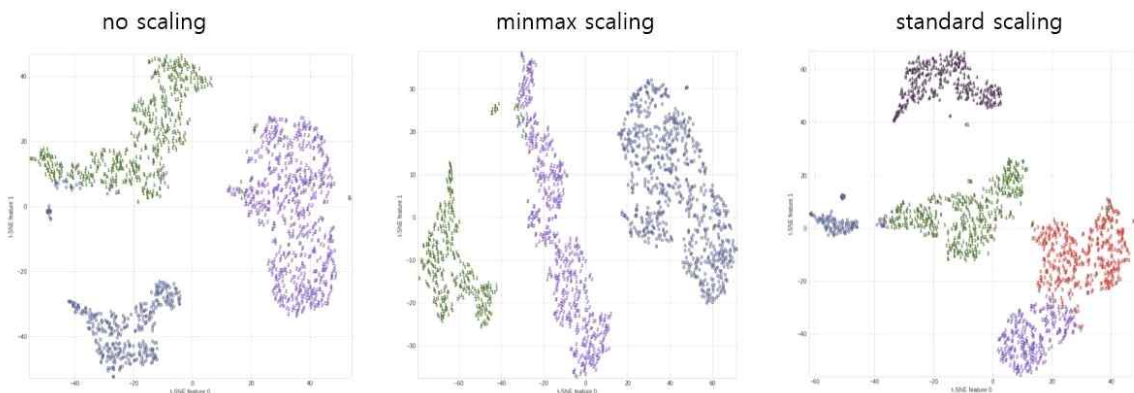


그림 1-42. AMP단의 군집화 결과.

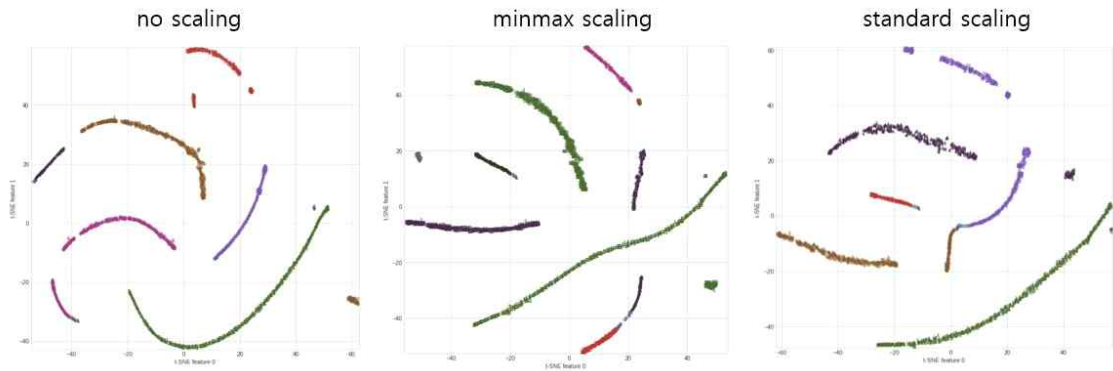


그림 1-43. UI단의 군집화 결과.

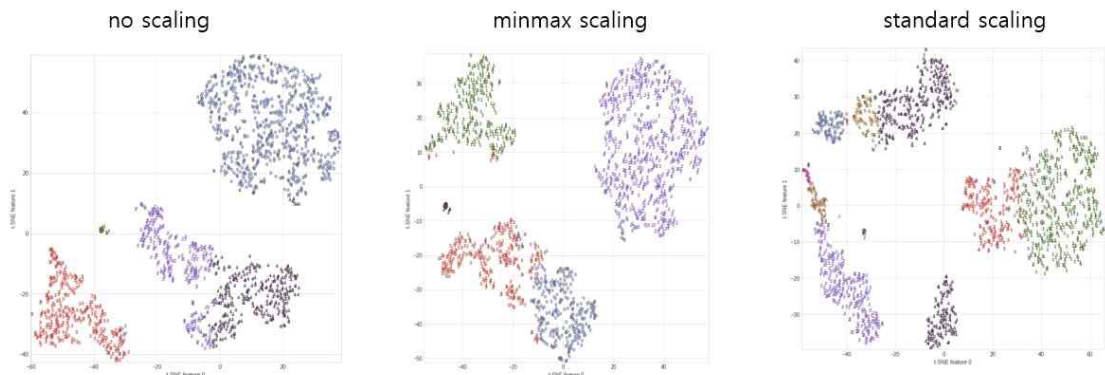


그림 1-44. Diff단의 군집화 결과.

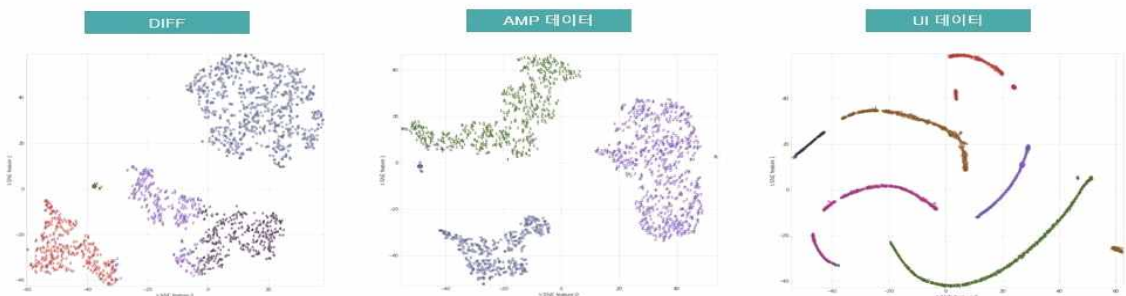


그림 1-45. 군집화 결과 요약.

- AMP단의 군집화는 Kmeans(K=5) 알고리즘으로 수행했을 때의 결과가 가장 좋았음. 또한, 그림 1-41과 같이 스케일링을 적용하지 않은 데이터와 MinMax 정규화를 적용했을 경우가 군집화가 비교적 잘 수행되었음.
- UI단의 군집화는 DBSCAN(EPS=0.25) 알고리즘으로 수행했을 때의 결과가 가장 좋았음. 또한, 그림 1-42와 같이 스케일링을 적용하지 않은 데이터와 MinMax 정규화를 적용했을 경우가 군집화가 비교적 잘 수행되었음.

- Diff의 경우 그림 1-44와 같이 Kmeans(K=5) 알고리즘을 사용했을 때의 군집화 결과가 좋았음. 스케일링 또한 스케일링 미적용 데이터와 MinMax 정규화를 적용했을 때가 좋은 결과를 보였음. 그림 1-45을 보면 Diff가 AMP단과 유사한 형태를 보이는데 이는 AMP단 데이터의 변동이 UI단 보다 더 크게 나타나는 무게측정부 데이터의 특징이 Diff데이터에 영향을 미치기 때문이라고 판단됨.

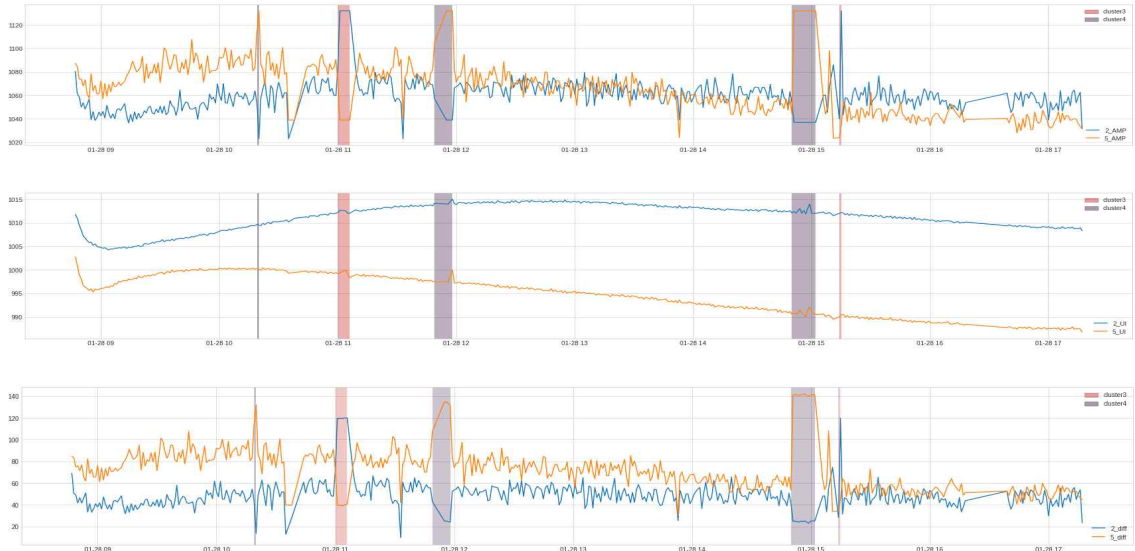


그림 1-46. 무게측정부의 고장예측 시각화.

- 그림 1-46은 AMP단, UI단, Diff단의 군집화 결과를 통해 이상치 군집을 판단하고 그 결과를 사용해서 무게측정부 데이터에서 이상치 군집에 포함되는 데이터가 존재하는 영역을 시계열 상에 표시함. UI단의 경우 DBSCAN의 결과가 더 좋지만, AMP, UI, Diff단에 범용적으로 사용이 용이한 Kmeans(K=5) 알고리즘을 적용함.



### 3. 스마트 계란선별기의 트레이 디스펜서 부

#### 1) 트레이 디스펜서부의 데이터 개요

- 2022년 5월 2일부터 2022년 5월 22일까지 금덕농장에 설치된 스마트 계란선별기에서 발생하는 데이터를 사용함. 데이터 농장에 설치된 스마트 계란선별기의 데이터는 빅데이터 플랫폼의 Database에 축적되고, 그 중 트레이 디스펜서에 발생하는 오류는 Database에 오류 로그가 기록됨.

#### □ 트레이 디스펜서의 오류발생 데이터

date	machine_id	dispenser
2022-05-02 16:35:07	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	5
2022-05-02 16:35:09	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	5
2022-05-02 16:35:11	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	5
2022-05-02 16:35:13	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	5
2022-05-02 16:35:15	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	5
2022-05-02 16:39:47	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	5

그림 1-47. 디스펜서 오류발생 데이터.

- 농장에 설치된 스마트 계란선별기의 트레이 디스펜서 부는 이벤트가 발생할 때 OS 시간을 기준으로 오류 로그를 남김. 1열은 이벤트 발생 시간, 2열은 사용기기, 3열은 오류가 발생한 디스펜서를 나타냄(그림 1-47).

## □ 온습도 데이터

date	machine_id	temp	hum
2022-05-09 12:12:01	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	21.5	64.5
2022-05-09 12:12:02	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	21.5	64.5
2022-05-09 12:12:03	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	21.5	64.5
2022-05-09 12:12:04	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	21.5	64.5
2022-05-09 12:12:05	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	21.5	64.5
2022-05-09 12:12:06	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	21.5	64.5
2022-05-09 12:12:07	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	21.5	64.5
2022-05-09 12:12:08	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	21.5	64.5
2022-05-09 12:12:09	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	21.5	64.5
2022-05-09 12:12:10	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	21.5	64.5
2022-05-09 12:12:11	biazqcrq5rg1aflgu8rjtw	21.5	64.5

그림 1-48. 온·습도 데이터 예시.

- 스마트 계란선별기 주변의 온습도 센서로부터 온도와 습도에 관한 데이터가 수집되어 에그텍의 빅데이터 플랫폼 DB에 저장됨. 1열은 날짜, 2열은 기기코드, 3열은 온도(°C), 4열은 습도(%)임 (그림 1-48).

## □ 데일리 로그 데이터

date	machine_id	line	grade	start	end	count	grade_div	house_no	ratio	quantity	weight	average_weight	plate	lifetime
2022-02-10	3Y51VbjxDS82BsjXwTW8pq	1	1	2022-02-10 07:56:37	2022-02-10 10:43:38	831	689-830	6	16.3	9511	679	71.5	317	0
2022-02-10	3Y51VbjxDS82BsjXwTW8pq	1	2	2022-02-10 07:56:37	2022-02-10 10:43:38	831	600-688	6	66	37628	2411	64.1	1254	0
2022-02-10	3Y51VbjxDS82BsjXwTW8pq	1	3	2022-02-10 07:56:37	2022-02-10 10:43:38	831	520-599	6	27.2	10789	622	58.2	359	0
2022-02-10	3Y51VbjxDS82BsjXwTW8pq	1	4	2022-02-10 07:56:37	2022-02-10 10:43:38	831	440-519	6	9.1	204	10	50.3	6	0
2022-02-10	3Y51VbjxDS82BsjXwTW8pq	1	5	2022-02-10 07:56:37	2022-02-10 10:43:38	831	300-439	6	0	28	1	40.6	0	0
2022-02-10	3Y51VbjxDS82BsjXwTW8pq	1	6	2022-02-10 07:56:37	2022-02-10 10:43:38	831	250-299	6	0	12	0	28	0	0
2022-02-10	3Y51VbjxDS82BsjXwTW8pq	1	7	2022-02-10 07:56:37	2022-02-10 10:43:38	831	0-0	6	0	0	0	0	0	0
2022-02-10	3Y51VbjxDS82BsjXwTW8pq	1	8	2022-02-10 07:56:37	2022-02-10 10:43:38	831	0-0	6	0	0	0	0	0	0
2022-02-10	3Y51VbjxDS82BsjXwTW8pq	1	9	2022-02-10 07:56:37	2022-02-10 10:43:38	831	0-0	6	0	0	0	0	0	0
2022-02-10	3Y51VbjxDS82BsjXwTW8pq	1	10	2022-02-10 07:56:37	2022-02-10 10:43:38	831	249-831	6	0.1	48	3	61.8	1	0

그림 1-49. 빅데이터 플랫폼에 저장되는 산란계 농장의 일일로그.

- (주)에그텍의 빅데이터 플랫폼은 스마트 계란선별기가 설치된 농장에서 기기 데이터, 계사 데이터, 계란 생산량과 플레이트 사용량 등의 데일리 로그 데이터를 Database에 저장하여 관리하고 있음(그림 1-49). 그 중 머신러닝 학습을 위해 일일 계란생산량 정보를 사용함. 플레이트 정보의 경우 단순히 일일계산량/계란한판의개수(30)의 수치에서 나머지를 버림 하므로 실제 값인 일일계산량이 학습인자로서 실제환경을 반영한다고 판단됐기 때문임.

## □ 최종 데이터셋

	date	temp	hum	quantity	count
0	2022-05-02	19.691343	50.443942	327098	7
1	2022-05-03	18.527573	33.607962	248978	20
2	2022-05-04	20.293979	39.595198	249775	27
3	2022-05-05	20.113319	55.113791	253553	21
4	2022-05-06	22.580519	61.324862	252231	26
5	2022-05-07	22.104508	58.994835	246666	14
6	2022-05-08	21.720352	57.181093	66094	18
7	2022-05-09	21.795811	55.755795	301494	47
8	2022-05-10	22.542380	43.601352	307650	35
9	2022-05-11	21.222547	55.197168	257652	14
10	2022-05-12	20.381959	61.225304	205291	23
11	2022-05-13	21.830990	61.662928	248153	10
12	2022-05-14	20.846337	57.388710	186640	11
13	2022-05-15	19.929710	58.530429	141547	15
14	2022-05-16	20.393120	56.748531	301456	18
15	2022-05-17	22.193140	62.535916	266654	11
16	2022-05-18	22.783759	58.343097	233990	19
17	2022-05-19	21.946410	53.493155	191193	7
18	2022-05-20	22.696693	62.622341	221162	12
19	2022-05-21	22.693070	71.930576	226300	6
20	2022-05-22	21.734426	70.063495	122650	17

그림 1-50. 머신러닝을 위한 최종 데이터셋.

- 그림 1-50과 같이 날짜, 온도(°C), 습도(%), 계란생산량(개), 트레이 디스펜서부의 에어발생횟수(회) 데이터를 병합하여 머신러닝에 사용할 최종 데이터셋을 구성함.

## 2) 트레이 디스펜서부의 데이터 탐색 및 전처리

### □ 디스펜서 오류 전처리

- 디스펜서에서 오류가 발생할 경우 오류 데이터는 2~4초 이내의 간격으로 연속적으로 오류 로그를 발생시킴. 다수의 로그가 기록되지만, 실제로 발생한 오류는 1건에 해당하므로 오류 로그에 대한 처리가 필요함.
- 알람 로그가 오류 1건에 대해서 사용자가 알람을 중지시키기 전까지 3초에서 84초 이상의 지속시간을 가지는 패턴을 보임. 따라서 5초 이하 간격으로 연속적으로 기록되는 오류 로그는 1건으로 처리할 수 있음. 또한 첫째 행과 마지막 행의 오류발

생 시간의 차이값으로 알람 지속시간을 도출함.

## □ 트레이 디스펜서 부의 데이터 탐색

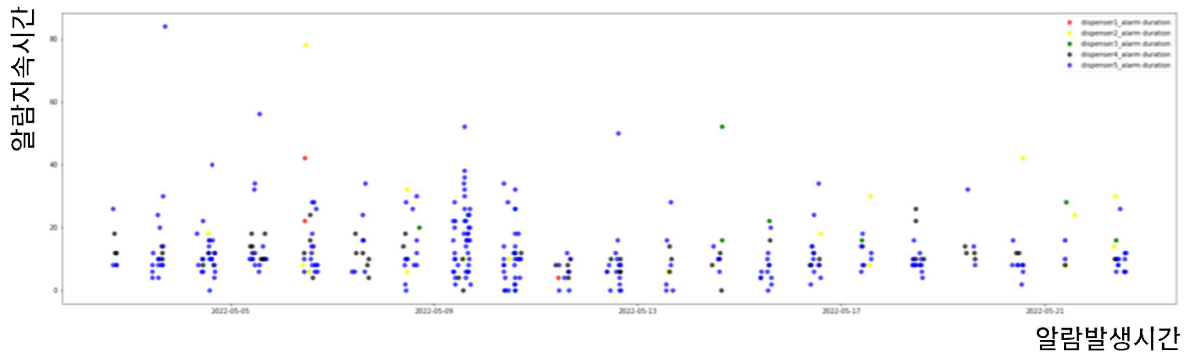


그림 1-51. 디스펜서부의 알람발생시간 알람지속시간 및 빈도 (개별 디스펜서).

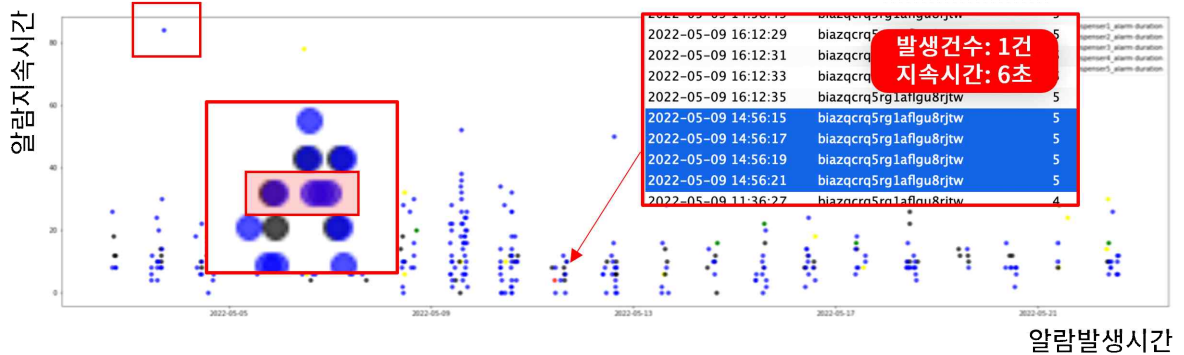


그림 1-52. 알람발생 건수와 알람지속 시간의 의미.

- 그림 1-51은 각 디스펜서에서 시간에 따라 발생한 오류의 발생빈도와 오류 각각의 알람 지속시간을 확인하기 위해 데이터를 나타냄. 오류의 알람 지속시간이 짧고, 각 알람마다의 시간간격이 짧은 구역은 디스펜서부에 오류가 빈번히 발생한 것을 의미함. 또한 점들 각각의 색은 오류가 발생한 디스펜서를 의미함. 그림 1-52는 데이터의 유형을 보여줌. 좌측 상단의 데이터의 경우 오류가 발생했으나 대응하기 까지 시간이 오래 걸린 경우로 판단됨. 또한, 중간 네모박스에 해당하는 데이터는 알람에 신속하게 대응을 한 후 반복적으로 연속해서 오류가 발생하는 경우로 볼 수 있음.

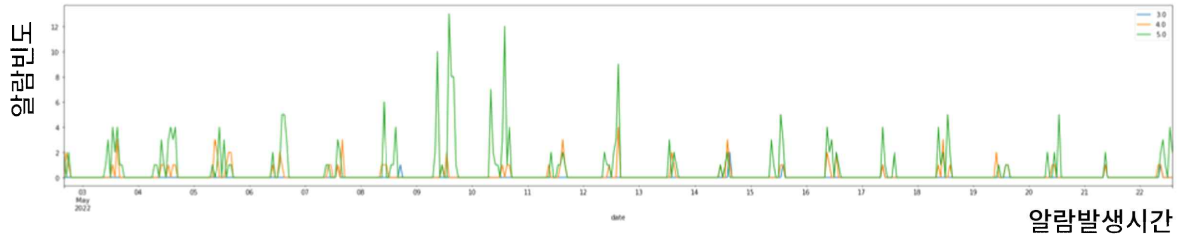


그림 1-53. 개별 디스펜서 오류 발생 빈도.

- 그림 1-53은 알람발생시간에 따른 알람 빈도를 나타낸 것으로 시간을 기준으로 알람 발생 빈도를 확인한 결과 특정 디스펜서에서 지속적으로 오류가 발생하는 것을 확인할 수 있음.

### 3) 트레이 디스펜서부의 머신러닝 적용

#### □ 트레이 디스펜서 부의 머신러닝 적용

- 트레이 디스펜서 부의 고장예측을 위해 랜덤포레스트 회귀모델, 선형회귀모델, XGBoost 회귀모델을 사용하여 머신러닝을 적용함.

가공 데이터					
	date	temp	hum	quantity	count
0	2022-05-02	19.691343			7
1	2022-05-03	18.527573			20
2	2022-05-04	20.293979	39.595198	249 / 75	27
3	2022-05-05	20.113319	55.113791	253553	21
4	2022-05-06	22.580519	61.324862	252231	26
5	2022-05-07	22.104508	58.994835	246666	14
6	2022-05-08	21.720352	57.181093	66094	18
7	2022-05-09	21.795811	55.755795	301494	47
8	2022-05-10	22.542380	43.601352	307650	35
9	2022-05-11	21.222547	55.197168	257652	14
10	2022-05-12	20.381959	61.225304	205291	23
11	2022-05-13	21.830990	61.662928	248153	10
12	2022-05-14	20.846337	57.388710	186640	11
13	2022-05-15	19.929710	58.530429	141547	15
14	2022-05-16	20.393120	56.748531	301456	18
15	2022-05-17	22.193140	62.535916	266654	11
16	2022-05-18	22.783759	58.343097	233990	19
17	2022-05-19	21.946410	53.493155	191193	7
18	2022-05-20	22.696693	60.000000	201100	12
19	2022-05-21	22.693070	7		6
20	2022-05-22	21.734426	7		17

그림 1-54. 데이터셋의 학습·테스트 데이터 분배.



- 트레이 디스펜서 부의 고장을 예측하기 위해 그림 1-54와 같이 1일 단위로 데이터셋을 구성하여 머신러닝을 진행함. 학습 데이터와 테스트 데이터의 비율은 75:25로 설정함.

## □ 트레이 디스펜서 부의 머신러닝 결과 및 검증

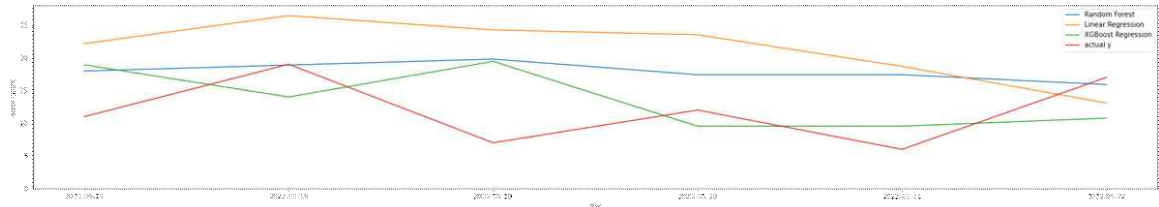


그림 1-55. 트레이 디스펜서 부의 머신러닝 결과.

- 트레이 디스펜서 부의 데이터셋을 사용하여 머신러닝을 실행 한 결과는 그림 1-55과 같이 나타남. X축은 날짜, Y축은 오류의 발생 횟수이며, 붉은 실선은 실제 데이터의 추세를 나타낸 것임. 파란 실선은 랜덤포레스트 회귀모델, 노란 실선은 선형회귀모델, 녹색 실선은 XGBoost 회귀모델을 의미함. 붉은 실선과 가장 유사한 추세를 보이는 것은 녹색 실선인 XGBoost 회귀모델로 확인됨.
- 사용된 머신러닝 모델의 검증을 위해 결정계수(R<sup>2</sup>-squared), 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error, RMSE)를 사용함.
- 머신러닝 알고리즘을 적용한 결과, 랜덤포레스트 회귀모델, 선형회귀모델, XGBoost 회귀모델의 실험 결과는 각각 차례대로 결정계수 값이 -2.53, -4.77, -1.2로 나타났음. 또한, RMSE값은 8.95, 11.44, 7.07로 나타남(표 4).

표 4. 회귀모델별 계란가격 예측 결과

구분	랜덤포레스트 회귀모델	선형회귀모델	XGBoost 회귀모델
결정계수 R <sup>2</sup>	-2.53	-4.77	-1.2
평균 제곱근 오차 RMSE	8.95	11.44	7.07

- 랜덤포레스트, 선형회귀, XGBoost 회귀모델이 7.07의 RMSE로 현재 데이터에 적합한 알고리즘으로 판단됨. RMSE 7.07이 의미는 오류가 가장 자주 발생한 횟수(47회)를 기준으로 15%의 오차를 의미함. 결정계수의 경우 또한, XGBoost의 결과가 3개의 모델 중 상대적으로 좋았지만, 결정계수 결과가 유의하다고 판단할 수는 없음. 향후 데이터가 지속적으로 수집되고, 데이터의 수량이 유의미하게 확보된다면, 딥러닝 모델을 적용하여 개선할 수 있음.

#### 4. 기계학습을 활용한 계란가격 예측 모델링

##### 1) 계란가격 예측을 위한 데이터 개요

###### □ 계란가격 예측을 위한 데이터 개요

- 계란가격 예측을 위한 데이터셋은 국가통계포털과 대한양계협회에서 제공하는 데이터를 사용함. 데이터는 2012년 1월부터 2021년 12월까지 총 10년 기간의 데이터를 월 단위로 수집함.
- 데이터셋에 변수로 포함한 사용한 데이터는 산란종계 입식현황, 산란실용계 판매수수, 산란실용계 생산잠재력, 육추사료 생산실적, 산란사료 생산실적, 산란노계 도축실적, 산란종계 도축실적, 당월계란 평균가격임(표 5).
- 산란종계 입식현황과 산란실용계 판매수수는 산란실용계가 성장하여 초란생산을 할 때까지의 기간이 6개월이 소요된다는 점을 고려하여 반영함.

표 5. 회귀모델의 독립변수

측정변수	측정단위	기간	출처
산란종계 입식현황	두	2009.1~2020.12	대한양계협회
산란실용계 판매수수	천	2010.8~2021.6	대한양계협회
산란실용계 생산잠재력	천	2012.1~2021.12	대한양계협회
육추사료 생산실적	톤	2012.1~2021.12	대한양계협회
산란사료 생산실적	톤	2012.1~2021.12	대한양계협회
산란노계 도축실적	두	2012.1~2021.12	국가통계포털
산란종계 도축실적	두	2012.1~2021.12	국가통계포털
당월계란 평균가격	원	2012.1~2021.12	국가통계포털

- 데이터셋의 구성은 2012년 1월 1일부터 2021년 12월 31일까지의 데이터로부터 1달간의 데이터를 하나의 인스턴스로 설정함. 머신러닝을 위해 구성된 데이터의 전체 데이터는 960개이고, 학습데이터와 테스트 데이터는 75 : 25의 비율로 구성함(표 6).

표 6. 회귀모델에 사용된 학습·테스트 데이터 구성

구분	개수
학습 데이터	720
테스트 데이터	240
합계	960

- 사용 데이터의 값은 마릿수(두), 무게(톤), 가격(원)의 다양한 단위로 구성되어 있기 때문에 독립변수가 0과 1사이의 값을 가지도록 정규화 작업(Normalization)을 수행함.

## 2) 계란가격 예측을 위한 기계학습 모델

### □ 기계학습 모델링 개요



그림 1-56. 계란가격 예측 모델링 실험 개요도.

- (주)시즌에서 자체 개발한 DIZEST hub를 사용하여 기계학습을 진행하였음. 데이터 개요에 작성한 것과 같이 데이터를 불러오고, 독립변수 및 종속변수 설정을 진행한 후 정규화 작업을 수행하여 데이터셋을 가공함. 가공된 데이터셋을 기계학습을 위해 학습 및 테스트 데이터로 구분하고 각각의 회귀모델을 설정하여 학습을 진행함. 이후, 각각의 모델에 테스트 데이터를 사용하여 결과를 예측함. 마지막으로 모델의 결과에 따른 성능 평가를 진행함(그림 1-56).

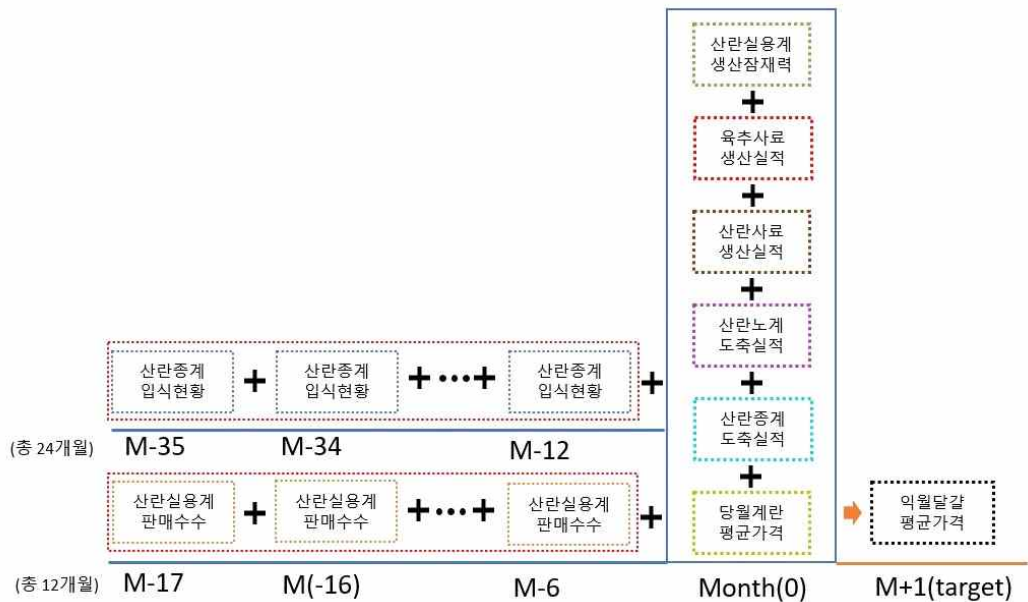


그림 1-57. 회귀모델의 학습구조도.

- 계란가격 예측을 위한 기계학습 모델에는 선형회귀모델, 랜덤포레스트 회귀모델, XGBoost 회귀모델을 사용하여 비교함. 회귀모델들의 학습은 8개의 독립변수를 사용하였음. 독립변수 중 산란중계 입식현황은 입식후 산란중계에서 생산된 산란실용계가 계란생산을 시작하는 기간 12개월과, 산란실용계가 계란을 생산하기 시작하는 기간 6개월을 고려하여 반영함(그림 1-57).

#### □ 선형회귀(Linear Regression)

- 선형회귀(Linear Regression)는 종속 변수  $y$ 와 한개 이상의 독립 변수  $X$ 와의 선형 상관 관계를 모델링하는 회귀분석 기법임. 한 개의 설명 변수에 기반한 경우에는 단순 선형회귀, 둘 이상의 설명 변수에 기반한 경우에는 다중 선형 회귀라고 구분함. 선형회귀는 선형 예측 함수를 사용해 회귀식을 모델링하며, 알려지지 않은 파라미터는 데이터로부터 추정하는데, 이렇게 만들어진 회귀식을 선형 모델이라고 함. 일반적으로 최소제곱법(Least Square Method)를 활용해 선형회귀 모델을 구성함. 선형회귀의 장점으로는 결과의 해석이 쉽고 계산적으로 간편함에 있음. 반면, 단점은 비선형적 데이터에는 성능이 떨어지며 데이터가 많을 경우 과소적합되는 경향을 보임. 또한 독립변수가 많을 경우에는 계수의 분산이 증가하여 모형의 신뢰도가 떨어질 수 있음.

#### □ 랜덤포레스트(Random Forest Regression)

- 랜덤포레스트(Random Forest Regression)는 Breiman에 의해 개발된 기계학습 기법의 하나로서 Classification and Regression Trees(CART)와 배깅(Bagging)의 기본

원리를 적용한 방법임. 이 기법은 트레이닝 자료 내에서 무작위로 샘플을 추출하여 트리를 생성하고, 생성된 다수의 트리를 이용하여 투표 또는 평균화 등의 과정을 통해 결과를 예측함. 랜덤포레스트 기법은 의료 분야, 공학 분야, 경영 분야 등에서 분류 및 예측 방법론으로 사용됨. 기존의 전통적인 예측 방법론의 비정형 데이터 운용 문제, 데이터 과대적합 문제 등 한계점을 극복하는 데 효과적이며, 독립 변수가 많고 대규모의 데이터를 데이터 손실 없이 분석하여 예측 모델을 만드는데 적합함[11].

## □ Extreme Gradient Boosting regression(XGBoost Regression)

- Boosting이란 여러개의 의사결정나무(Decision Tree)를 조합해서 사용하는 Ensemble 기법 중 하나임. 즉, 약한 예측 모형들의 학습 에러에 가중치를 두고, 순차적으로 다음 학습 모델에 반영하여 강한 예측모형을 만듦. Extreme Gradient Boosting (XGBoost)은 Boosting 기법을 이용하여 구현한 알고리즘으로 Gradient Boost가 대표적인데 이 알고리즘을 병렬 학습이 지원되도록 구현한 라이브러리가 XGBoost임. Regression, Classification 문제를 모두 지원하며, 성능과 자원 효율이 좋아서, 인기 있게 사용되는 알고리즘임. XGBoost의 경우 Gradient Boosting Machine(GBM) 대비 빠른 수행시간, 병렬 처리로 학습, 분류 속도가 빠름. 표준 GBM의 경우 과적합 규제기능이 없으나, XGBoost는 자체에 과적합 규제 기능으로 강한 내구성을 지닌다는 강점을 가짐. 또한, CART(Classification and regression tree) 앙상블 모델을 사용 Early Stopping(조기 종료) 기능이 있고, 다양한 옵션을 제공하며 Customizing이 용이함. 랜덤포레스트와 XGBoost와 비교 하면, XGBoost 또한 랜덤포레스트와 마찬가지로 의사결정나무를 앙상블한 알고리즘임. 하지만 랜덤포레스트는 배경 앙상블로 구현된 알고리즘이고, XGBoost는 Boosting 기법을 이용한 알고리즘으로 차이를 가짐.



### 3) 계란가격 예측 모델링 결과

#### □ 계란가격 예측 모델링 결과

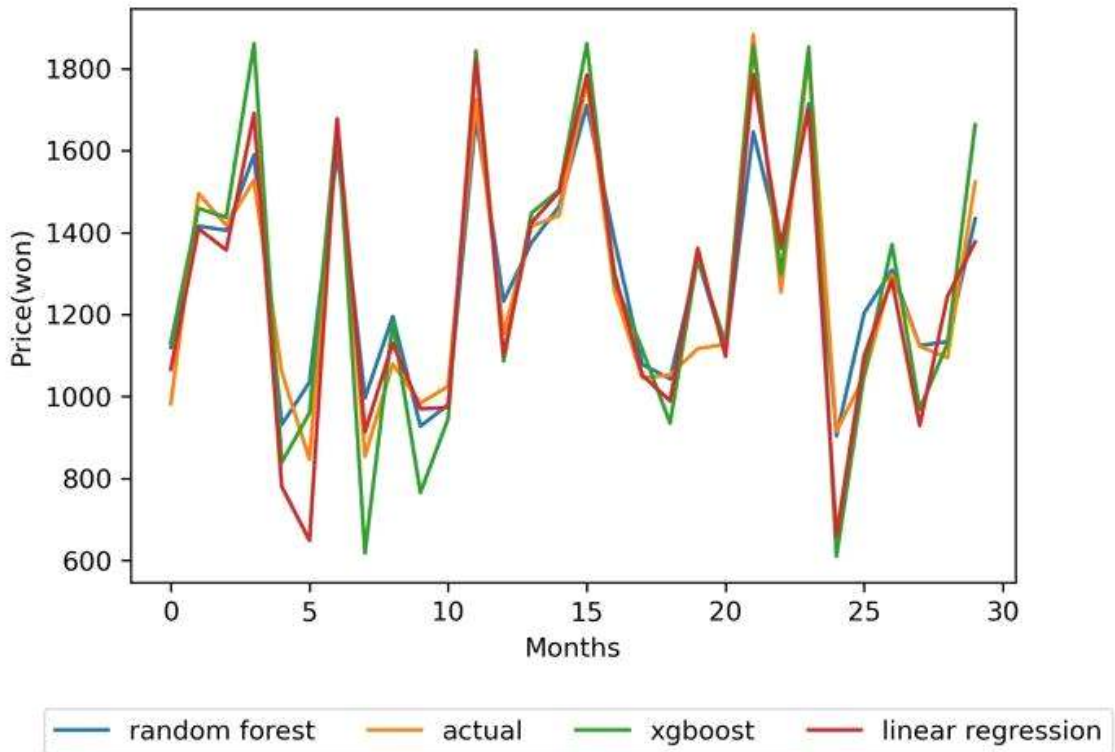


그림 1-58. 계란가격 예측.

- 그림 1-58의 그래프는 동일 데이터셋을 활용하여 회귀 분석 모델들의 계란 판매 가격 예측 결과와 실제 계란의 판매 가격을 그래프로 나타냄. 랜덤포레스트 회귀모델의 계란 판매 가격 예측값이 XGBoost 회귀모델이 예측한 계란 판매 가격과 선형회귀모델의 계란 판매 가격 예측값보다 실제 계란의 판매가 추이를 더 잘 따르는 것을 볼 수 있음.
- 계란가격 예측 모델링의 평가를 위해 결정계수(R<sup>2</sup>-squared), 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error, RMSE)를 사용함. 결정계수는 0과 1사이의 값을 가지며 1에 가까울수록 계란가격 예측모델이 계란가격에 높은 설명력을 가지는 것을 의미함. 평균 제곱근 오차는 추정치와 실제값 간의 차이를 위한 척도이며, 예측이 얼마나 벗어났는지 확인할 수 있음. 평균 제곱근 오차가 작을수록 예측이 잘 됐다고 볼 수 있음.
- 랜덤포레스트 회귀모델, 선형회귀모델, XGBoost 회귀모델의 실험 결과는 각각 차례대로 결정계수 값이 0.88, 0.83, 0.78로 나타났음. 또한, RMSE값은 103.2, 121.3, 136.9로 나타남(표 7).

표 7. 회귀모델별 계란가격 예측 결과

구분	랜덤포레스트 회귀모델	선형회귀모델	XGBoost 회귀모델
결정계수 R <sup>2</sup>	0.88	0.83	0.78
평균 제공근 오차 RMSE	103.2	121.3	136.9

- 세가지 회귀모델 중 랜덤포레스트 회귀모델은 결정계수값 0.88과 RMSE값 103.2를 나타냄. 이는 실제 계란가격과 예측가격이 103.2원의 차이(2000원 기준 약 5%)를 보인다는 의미임. 결과적으로 3가지의 모델 중 랜덤포레스트 모델이 실제 계란 판매가를 비교적 잘 예측한다고 판단할 수 있음.

#### 4-4. 결론

### 1. 머신러닝 고장예측 및 활용 연구 결과

#### 1) 머신러닝 고장예측 연구결과 요약

##### □ 실험 데이터 및 실증 대상

표 8. 실험 데이터 현황표

데이터 종류	데이터 건수 (원본/가공)	특성수 (원본/가공)	기간	수집 환경 및 가공 방법
세척건조부	644,523 / 2,351	4 / 16	2021.12.20. ~ 2022.02.03.	테스트베드 수집 데이터 5분 단위 데이터 병합
무게측정부	AMP 187,555 / 465	6 / 30	2022.01.25. ~ 2022.02.03.	테스트베드 수집 데이터 AMP/UI 데이터 병합 8분 단위 데이터 병합
	UI 264,658 / 465	6 / 30	2022.01.25. ~ 2022.02.03.	
트레이 디스펜서부	2,726 / 20	4 / 4	2022.05.02. ~ 2022.05.22	금덕농장 실증 데이터 1일 단위 데이터 병합

- 표 8은 머신러닝 고장예측 연구를 수행하기 위해 사용된 원본 데이터와 전처리 과정을 통해 가공된 데이터의 현황을 나타냄.
- 실험 데이터의 경우 안정적으로 데이터를 확보하기 위해 에그텍 내에 설치된 테스트 베드 환경 데이터와 실증을 위해 금덕농장(충남 예산)에 구축된 센서 데이터로부터 수집된 데이터로 구성됨.
- 트레이 디스펜서부 수집 데이터의 경우 테스트베드 환경에서 실제 계란 선별작업을 수행하지 않았기 때문에 정상 오류 발생 신호가 존재하지 않음.
- 세척건조부 및 무게측정부 데이터의 경우 농장의 실증 데이터를 수집하는 과정에서 안정적으로 확보가 되지 않아, 안정적으로 확보된 테스트베드 환경의 결과로 고장 예측 방법론을 적용하였고, 향후 에그텍 선별 기기의 고도화 항목에 안정적인 데이터 확보를 위한 요구사항을 정의함.

##### □ 고장 예측 모델 성능 평가 결과

표 9. 머신러닝 방법론 및 성능 평가 결과표

데이터 종류	머신러닝 방법론	평가지표	평가방법	평가 결과
세척건조부	군집화모델	오류탐지비율	정성적	3.22%
무게측정부	군집화모델	오류탐지비율	정성적	4.30%
트레이 디스펜서부	회귀모델	예측 정확도 (RMSE)	정량적	7.07 (15%)

- 표 9는 계란선별기의 각 고장 예측 부위별 평가 결과를 정리함.
- 세척건조부 및 무게측정부는 실제 장비가 고장이 난 상황에서의 데이터가 존재하지 않기 때문에, 장비 고장의 가능성을 판별하기 위해 군집화 모델을 사용하여 실험을 수행한 후 전체 데이터에서 오류로 판별한 데이터의 비율을 통해 정성적으로 결과를 평가함.
- 세척건조부의 경우 군집화 모델 수행 결과 전체 데이터에서 3.22%의 데이터를 비정상으로 탐지하였고, 결과를 시각적으로 확인하였을 때, 특정 기간에 수집된 데이터가 다른 패턴을 보이는 것을 확인함. 실제 고장으로 이어지는 않았지만, 이상 징후를 나타내는 지표로의 활용이 가능함.
- 무게측정부의 경우 군집화 모델 수행 결과 전체 데이터에서 4.30%의 데이터를 비정상으로 탐지하였고, 세척건조부와 마찬가지로 실제 고장으로 이어지는 않았지만, 이상 징후를 나타내는 지표로 활용이 가능함.
- 트레이 디스펜서부는 기기에서 실제 오류가 발생한 로그 정보로, 날짜별 오류 발생 빈도를 가공하여 학습한 결과 7.07의 오차를 보였고, 날짜별 오류의 최대값인 47회 오류 발생을 기준으로 15%의 오차임을 확인함. 향후 데이터가 장기적으로 확보된다면 정밀한 오류 발생 예측이 가능할 것으로 판단됨.

## 2) 머신러닝 고장예측 및 활용 실험 결론

### □ 세척건조부 / 무게측정부 실험 결론

- 세척건조부에서 발생하는 엔코더 값을 사용하여 머신러닝을 적용함. 정답이 존재하지 않는 데이터이므로 비지도 학습 기반의 시계열 데이터 분석 알고리즘을 사용함. 군집화 알고리즘인 Kmeans와 DBSCAN을 사용하였으나, Kmeans의 경우 최적 K의 값이 변동하여 사용에 적합하지 않음. DBSCAN의 경우 EPS값이 2.2인 경우 최빈수 군집과 이상치 군집의 분류가 잘됨. 이상치로 판단되는 군집의 분포를 활용하여 세척건조부 이상 신호 탐지 모델을 개발함.
- 무게측정부의 AMP 단과 UI 단에서 발생하는 데이터를 사용해 머신러닝을 수행함. 기기가 정상 상태이더라도 주기적으로 데이터가 변동성을 보이는 상태가 확인됨. 클러스터링 알고리즘 기반으로 비정상 상태 감지 모델을 개발함. AMP 단은 K값이 5인 Kmeans 군집화 알고리즘이 UI 단의 고장 예측은 EPS값이 0.25인 DBSCAN 군집화 알고리즘이 좋은 결과를 나타냄. AMP 단과 UI 단의 차이를 값으로 가지는 Diff 단의 경우 K값이 5인 Kmeans 알고리즘이 좋은 결과를 보였고, 이는 AMP 단의 데이터가 UI 단의 데이터보다 Diff 단에 큰 영향을 미치기 때문임. 마지막으로

전체 유형의 데이터에 범용적으로 사용 가능한 것은 K값이 5인 Kmeans 알고리즘으로 판단됨. 이후 실험 결과를 바탕으로 범용성을 가진 Kmeans 군집화 알고리즘 기반의 비정상 상태 감지 모델을 개발함.

#### □ 트레이 디스펜서부 실험 결론

- 트레이 디스펜서 부에서 발생하는 오류를 예측하기 위해 머신러닝을 수행함. 랜덤폴레스트 회귀모델, 선형회귀모델, XG Boost 회귀모델을 사용함. 모델의 검증을 위해 결정계수, 평균 제곱근 오차를 사용하였고 검증 결과 결정계수 값이 -1.2 평균 제곱근 오차 값이 7.07로 XGBoost 회귀모델이 가장 우수한 결과를 나타냄.

#### □ 계란가격 예측 모델링 결론

- 본 연구에서 개발한 계란가격 예측 모델은 계란소비가 증가하고 계란가격의 급격히 변동하는 환경에서 양계농가가 산란주령을 연장 축소하는 등의 대처와 산란계의 입식에 대한 의사결정에 도움을 줄 수 있음. 더불어 저장 및 유통 구조 개선이 따른다면 계란수급 불안정 해소와 계란가격 변동 폭 완화에 큰 기여를 할 것으로 판단됨.



### 3) 머신러닝 고장예측 모델 및 양계 빅데이터 플랫폼 연계

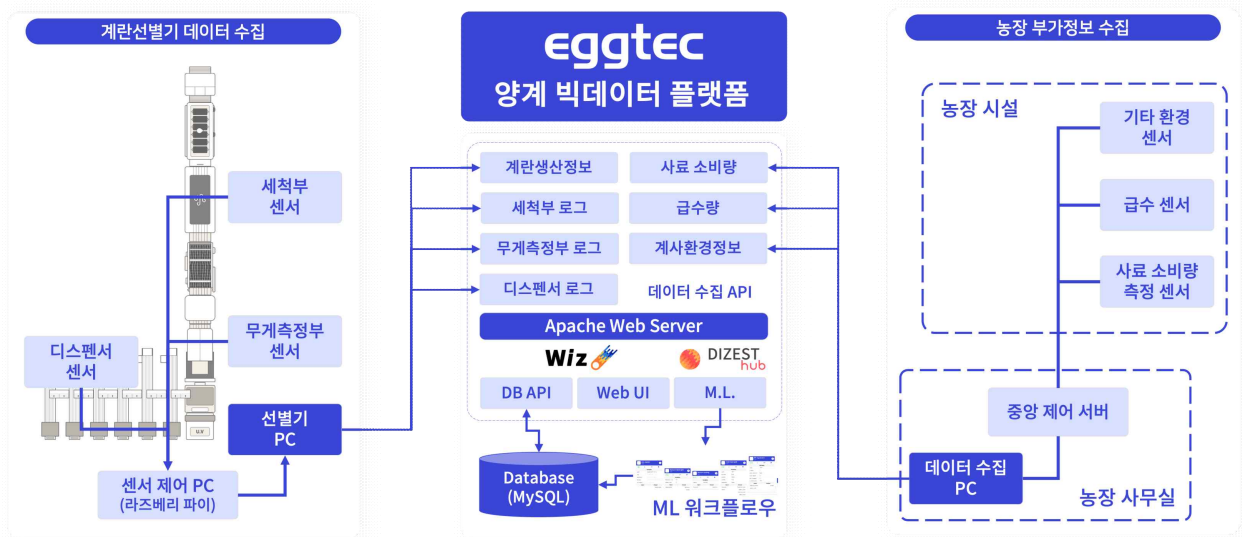


그림 1-59. 양계 빅데이터 플랫폼 및 머신러닝 고장 예측 데이터 연계 개념도.

- 그림 1-59는 머신러닝 고장 예측 데이터 및 양계 빅데이터 플랫폼이 연계되는 구조를 나타냄.
- 계란선별기에서 각 부위별 센서에서 발생하는 오류 데이터는 선별기 제어 PC를 통해 양계 빅데이터 플랫폼 API로 전송되어 데이터베이스에 저장됨.
- 본 연구를 통해 개발된 머신러닝 고장 예측 모델은 양계 빅데이터 플랫폼에서 제공되는 머신러닝 분석 워크플로우를 통해 고장 예측 분석 작업을 수행하고 결과를 데이터베이스에 적재함.
- 향후 고도화된 계란선별기의 고장 예측 센서를 통해 양계 빅데이터 플랫폼에 장기적인 고장 예측 센서 데이터가 적재된다면, 머신러닝 분석 워크플로우를 통해 수행된 결과를 사용자에게 가시화가 가능함.

#### 4-5. 참고문헌 (고장 예측 시스템 개발)

1. 권오준, 주병윤 (2012). Stocker 서브 모터 토크 부하율을 이용한 사전고장 예측 방법연구, 대한기계학회 춘추학술대회, 2363-2367.
2. 김도연 (2020). 인공지능을 이용한 산업용 로봇 팔의 고장 진단 및 사전 고장 예측 방법에 대한 연구, 국민대학교.
3. 이준혁, 유승열, 신성철, 강동훈, 이순섭, 이재철 (2019). 기계학습 알고리즘을 활용한 베어링의 고장 예측 알고리즘 개발에 관한 연구. 한국마린엔지니어링학회지, 43(6), 455-462.
4. 장동일 (2020). 스마트 계란선별기의 고장예측 모델 개발 및 설계.(주)에그텍의 연구세미나 발표자료. 2020년 11월, 3-6.
5. 서성보, 강재우, 남광우, & 류근호. (2006). 슬라이딩 윈도우 기반 다변량 스트림 데이터 분류 기법. 정보과학회논문지: 데이터베이스, 33(2), 163-174.
6. Hahsler, M., Piekenbrock, M., & Doran, D. (2019). dbscan: Fast density-based clustering with R. *Journal of Statistical Software*, 91, 1-30.
7. Kanungo, T., Mount, D. M., Netanyahu, N. S., Piatko, C. D., Silverman, R., & Wu, A. Y. (2002). An efficient Kmeans clustering algorithm: Analysis and implementation. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 24(7), 881-892.
8. 권보성, 박래준, & 송경빈. (2018). 다양한 정규화 방법에 따른 평일 단기 전력수요 예측 정확도 분석. 조명·전기설비학회논문지, 32(6), 30-33.
9. Gim, G., Shon, H. S., Ryu, K. H., & Lee, Y. (2013). Performance of PCA Algorithm for Multivariate Data Analysis. In *Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference* (pp. 1264-1266). Korea Information Processing Society.
10. Van der Maaten, L., & Hinton, G. (2008). Visualizing data using t-SNE. *Journal of machine learning research*, 9(11).
11. Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
12. 이장용 (2008). 계란선별기의 계란이송 메커니즘 해석 및 설계. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 25(2), 96-104.

## 5. EGGTEC 양계 빅데이터 플랫폼 개발

### 5-1. 개발 목적 및 필요성

- 에그텍 빅데이터 플랫폼은 에그텍 계란선별기에서 수집할 수 있는 생산 수량 데이터, 고장 데이터를 기반으로 선별기가 설치된 농장에서 생산 수량을 손쉽게 파악하고, 선별기의 고장을 플랫폼에서 시각화하여 표현함으로써 현장 밖에서도 빠른 대응이 가능하게끔 하는 것을 목적으로 함.
- 에그텍 빅데이터 플랫폼은 에그텍 계란선별기를 사용하는 양계 농장의 농장 데이터와 계사 데이터, 계사 환경 데이터, 계군 데이터를 수집하고 분석하여 생산효율과 사료요구율 등과 같은 유의미한 데이터를 얻을 수 있게 함. (*Korea science, 농업 경영전략 개발을 위한 빅데이터 플랫폼 설계, 2017*)
- 에그텍 빅데이터 플랫폼은 에그텍 계란선별기의 고장 내역과 A/S 보고서 내용을 전산화하여 데이터를 축적하고, 고장 내역 통계 뿐만 아니라 선별기의 고장 예측 자료로 활용하는 것을 목적으로 함.
- 에그텍 빅데이터 플랫폼은 기존 시스템과는 다르게 반응형 웹으로 개발하여 농장이 아닌 어느 곳에서든 모바일, 태블릿으로 쉽게 접속하여 농장 현황을 확인할 수 있는 자유로운 상황에서의 대응이 가능하도록 하는 것을 목적으로 함.

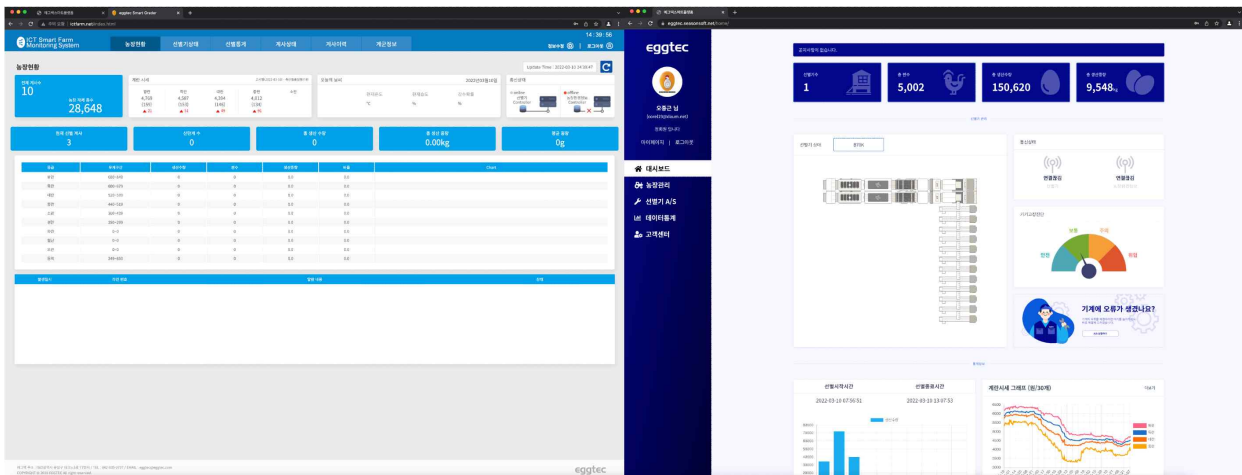


그림 1-60. (좌) ictfarm, (우) 에그텍 빅데이터 플랫폼.

- 에그텍 빅데이터 플랫폼은 웹으로 개발하여 인터넷 접속이 가능한 환경에서의 접근이 편리하게 함. 다른 지역이나 국가에서도 접근 및 통신이 가능해야 하기 때문에 웹 표준을 준수하여 웹 사이트를 작성하였고, 반응형으로 개발하여 휴대폰, 태블릿 등의 다양한 전자기기로 인터넷을 통해 플랫폼에 접속했을 시 사용자 화면이 자연스럽게 조절되게끔 함으로써 앱처럼 보이게끔 하는 효과를 줌.
- 앱은 크게 환경이 안드로이드/iOS로 분리되어 있으며 각각의 규격이 다르므로 따로 개발해야 하며, 앱을 다운받기 위한 각각의 스토어에도 등록이 필요함. 사용자가 초기에 앱을 다운받아야 하는 절차가 필요하며, 오류 수정 등의 유지 보수 작업이 까다로우므로 사용자 접근성, 편리성이 좋은 웹으로 플랫폼을 설계 및 구현함.

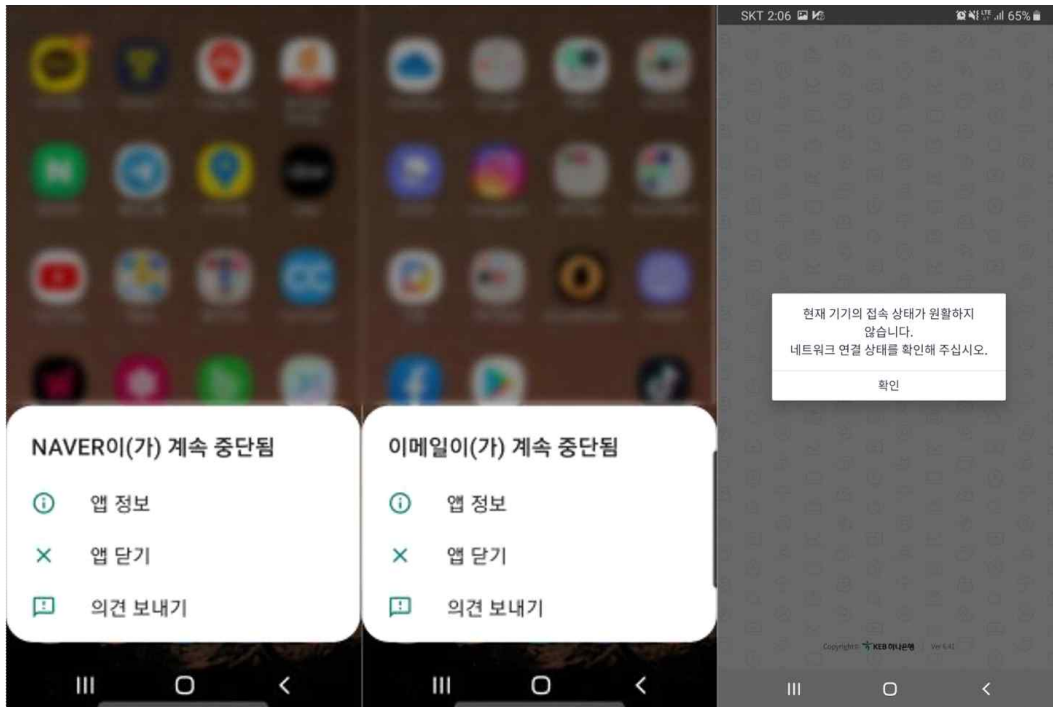


그림 1-61. 차례대로 NAVER, 이메일, 하나은행 앱 오류 메시지.

- 현재 일본의 경우 농업데이터 와그리(WAGRI) 플랫폼을 통해 데이터를 취득하고 새로운 농업 관련 서비스를 활용하고 개발하고 있으며, 국내의 경우에는 클라우드 기반 스마트팜 빅데이터 센터 통합플랫폼(SmartFarm)을 통해 데이터를 수집, 저장, 분석하는 서비스를 개발중에 있음.

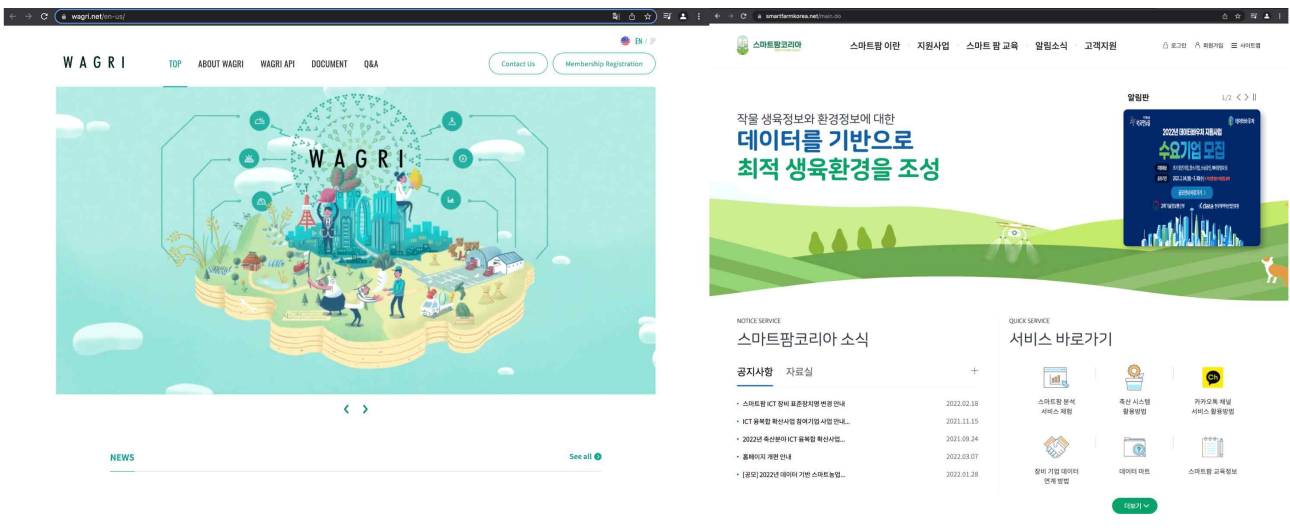


그림 1-62. (좌)일본 농업빅데이터 플랫폼 WAGRI, (우)국내 스마트팜 빅데이터센터 통합플랫폼 SmartFarm.

- 농림축산식품부와 EPIS에서 발간한 ‘스마트팜 현황조사 및 성과분석’ 보고서에 따르면 스마트팜을 도입하려는 이유는, 축산에서는 생산성 증대가 가장 큰 목적이며, 스마트팜 도입이 어려운 이유로 높은 설치비용을 꼽음. (농림축산식품부, 스마트팜 현황조사 및 성과분석, 2021)
- 현재 스마트팜에서 계란 생산 데이터가 수집되고 있지만 데이터 활용 방안에 대해서는 알 수

없음. 에그텍 빅데이터 플랫폼에서 에그텍 계란 선별기를 사용하는 농장들의 데이터를 직접 수집할 수 있으며, 자체적으로 분석할 수 있는 환경이 갖춰진다면 생산성 증대에 대한 연구뿐만 아니라 다양한 연구에 활용할 수 있을 것이라 예상함.

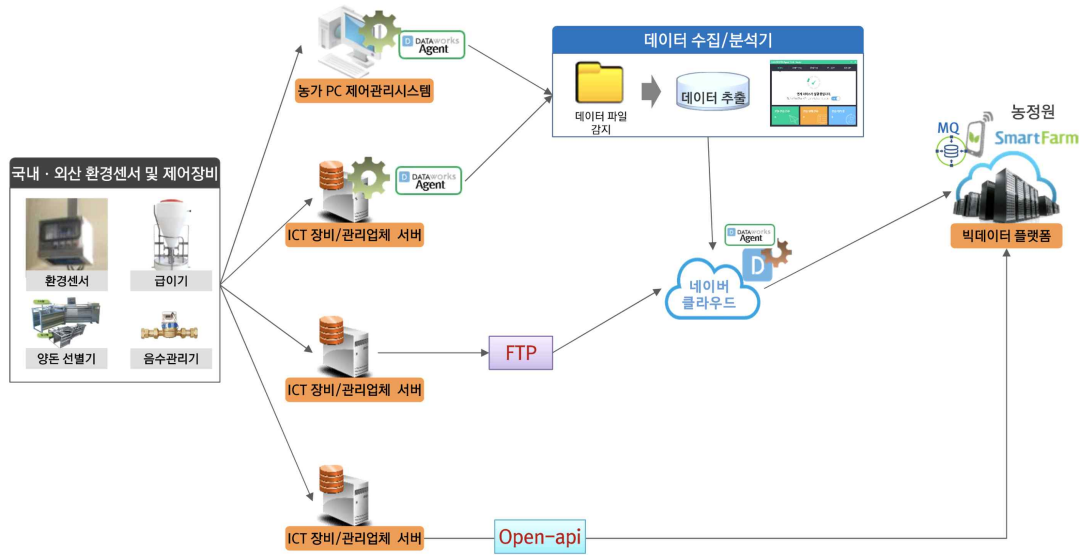


그림 1-63. 스마트팜 시스템 아키텍처.

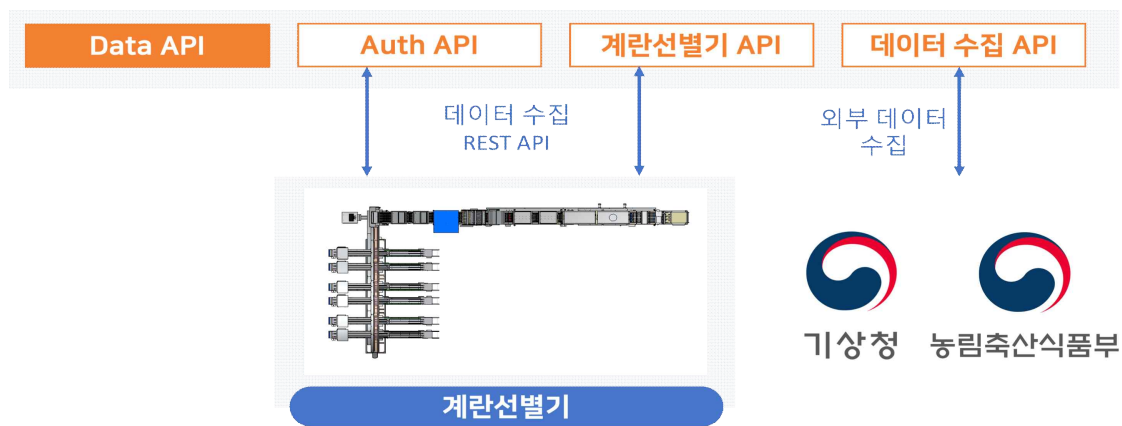


그림 1-64. 에그텍 빅데이터 플랫폼 시스템 아키텍처.

- 스마트팜 빅데이터센터 통합플랫폼은 데이터를 FTP/Open-API 방식으로 수집하고 하둡을 사용하여 데이터를 관리함. 하둡은 대용량의 데이터를 처리하여 처리 속도를 높일 수 있지만 저장된 데이터를 변경/삭제할 수 없어 잘못 저장된 오류 데이터의 처리에 문제가 있음. (축산 빅데이터 플랫폼 ICT 장비 연계 매뉴얼, 2021)
- 에그텍 빅데이터 플랫폼은 REST-API 방식으로 데이터를 장비에 최적화된 웹으로 수집하고, 자체 서버에서 데이터를 처리함. 선별기에서 보내는 로우 데이터는 따로 저장하고, 로우 데이터를 복사하여 사용하기 때문에 오류 데이터의 제거 및 보정이 가능하고 신뢰도 높은 데이터를 얻을 수 있음.



- 스마트팜 빅데이터센터 통합플랫폼과 에그텍 빅데이터 플랫폼 기능 비교

항목	스마트팜 빅데이터센터 통합플랫폼	에그텍 빅데이터 플랫폼
데이터베이스	하둡	MySQL
수집 데이터 종류		
- 농업	전체	X
- 축산업 (양계, 낙농, 양돈 등)	전체	양계
데이터 수집 연계 방식		
- FTP	O	X
- Open API	O	O
- 자체 데이터 수집 Agent	O	O
데이터 처리 방식		
- 데이터 입력	O	O
- 데이터 업데이트	X	O
- 데이터 조회 및 검색	O	O
데이터 가공 기능		
- 전처리 및 가공	X	O
- 데이터 분석 및 시각화	X	O
- 머신러닝 기반 실험 환경	X	O
사용자 계정 및 정보 관리 기능		
- 사용자 로그인 및 회원가입	O	O
- 사용자별 장비 관리	X	O
- 사용자별 농장 정보 관리	O	O
- 원스톱 등록	X	O
- 농장주별 데이터 조회	X	O
A/S 관리	X	O

- 스마트팜 빅데이터센터 통합플랫폼의 경우 농축산업 전반의 데이터 수집에 초점을 맞춘 플랫폼으로, 데이터의 양이 방대하여 제한적인 전처리 및 관리 기능을 제공함. 또한 정부 차원에서 수집하는 데이터로 전체 데이터가 수집되어 공개되는 형태임. 에그텍 빅데이터 플랫폼의 경우 에그텍 장비 사용자에게 특화된 플랫폼으로, 데이터의 안정성 및 신뢰성을 확보하기 위해 RDBMS 인 MySQL 데이터베이스를 사용하였고, 농장주가 자신의 농장 데이터를 조회, 에그텍 계란선별기에 대한 AS 관리 등 양계 농가에 특화된 기능을 제공함. 또한 양계 농장에서 발생하는 AS 등의 데이터를 체계적으로 적재하여, 선별기 제조 업체에서만 확보가 가능한 데이터를 수집하고 있음.

## 5-2. 개발 내용 및 방법

### 1 시스템 요구사항

요구사항 고유번호	<b>FR-001</b>		
요구사항 명칭	농장 정보 관리		
요구사항 분류	기능 요구사항	<b>응락수준</b>	필수
요구사항 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 농장코드, 주소, 축산업등록번호 등 주요 농장 정보 관리</li> <li>* 농장 사용자 정보 관리 (이메일, 이름 등)</li> <li>* 계란선별기 고유번호 관리 (계란선별기-농장 연계를 위한 정보)</li> </ul>		
요구사항 고유번호	<b>FR-002</b>		
요구사항 명칭	계란선별기 정보 관리		
요구사항 분류	기능 요구사항	<b>응락수준</b>	필수
요구사항 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 계란선별기시스템 정보 조회</li> <li>* 장비 유지관리 기록 조회</li> </ul>		
요구사항 고유번호	<b>FR-003</b>		
요구사항 명칭	계란선별기 발생 정보 수집 API		
요구사항 분류	기능 요구사항	<b>응락수준</b>	필수
요구사항 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 계란선별기시스템 발생 정보 관리</li> <li>* 계란선별기 고장예측 자료 관리</li> </ul>		
요구사항 고유번호	<b>FR-004</b>		
요구사항 명칭	외부 데이터 수집 관리		
요구사항 분류	기능 요구사항	<b>응락수준</b>	필수
요구사항 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 기상(온도, 습도, 풍향 등) 정보 수집 및 관리</li> <li>* 계란 시세 정보 수집 및 관리</li> </ul>		
요구사항 고유번호	<b>FR-005</b>		
요구사항 명칭	해외 수출 계란선별기 데이터 수집 안정화		
요구사항 분류	기능 요구사항	<b>응락수준</b>	협의
요구사항 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 네트워크 회선에 따른 문제에 대한 개선 필요</li> <li>* 대상국가: 태국, 필리핀</li> </ul>		
협의안건	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 기존 시스템(AWS)에서 개선을 위한 작업 내역을 확인 할 수 없음</li> <li>* 안정화 구성에 따른 복잡도, 검증 과정 등 문제 소지가 있음</li> </ul>		

요구사항 고유번호	<b>FR-006</b>		
요구사항 명칭	AS 접수 및 작업기록 등 오프라인 처리 절차 전산화		
요구사항 분류	기능 요구사항	<b>응락수준</b>	협의
요구사항 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 오프라인으로 처리되는 업무에 대한 디지털 전환 모듈 개발</li> <li>* AS 접수 / 작업기록 등 필요 기능에 대한 협의 필요</li> </ul>		

요구사항 고유번호	<b>IR-001</b>		
요구사항 명칭	글로벌 웹 표준 및 접근성 준수		
요구사항 분류	인터페이스 요구사항	<b>응락수준</b>	필수
요구사항 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 웹 응용은 모든 운영체제와 5종 이상의 웹 브라우저(IE, Firefox, Safari, Chrome, Opera)에서 이용이 가능해야 함</li> <li>* 웹 접근성 향상을 위한 국가표준 기술 가이드라인 항목 준수</li> <li>* ActiveX 및 플래쉬 사용 금지</li> </ul>		

요구사항 고유번호	<b>IR-002</b>		
요구사항 명칭	반응형 웹		
요구사항 분류	인터페이스 요구사항	<b>응락수준</b>	필수
요구사항 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 웹 응용은 모바일 해상도에서 조희가 가능한 형태로 표현되는 반응형 디자인을 적용하여 개발</li> </ul>		

요구사항 고유번호	<b>SER-001</b>		
요구사항 명칭	HTTPS 적용		
요구사항 분류	보안 요구사항	<b>응락수준</b>	필수
요구사항 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 운영 웹 서비스에 HTTPS(SSL) 적용</li> </ul>		

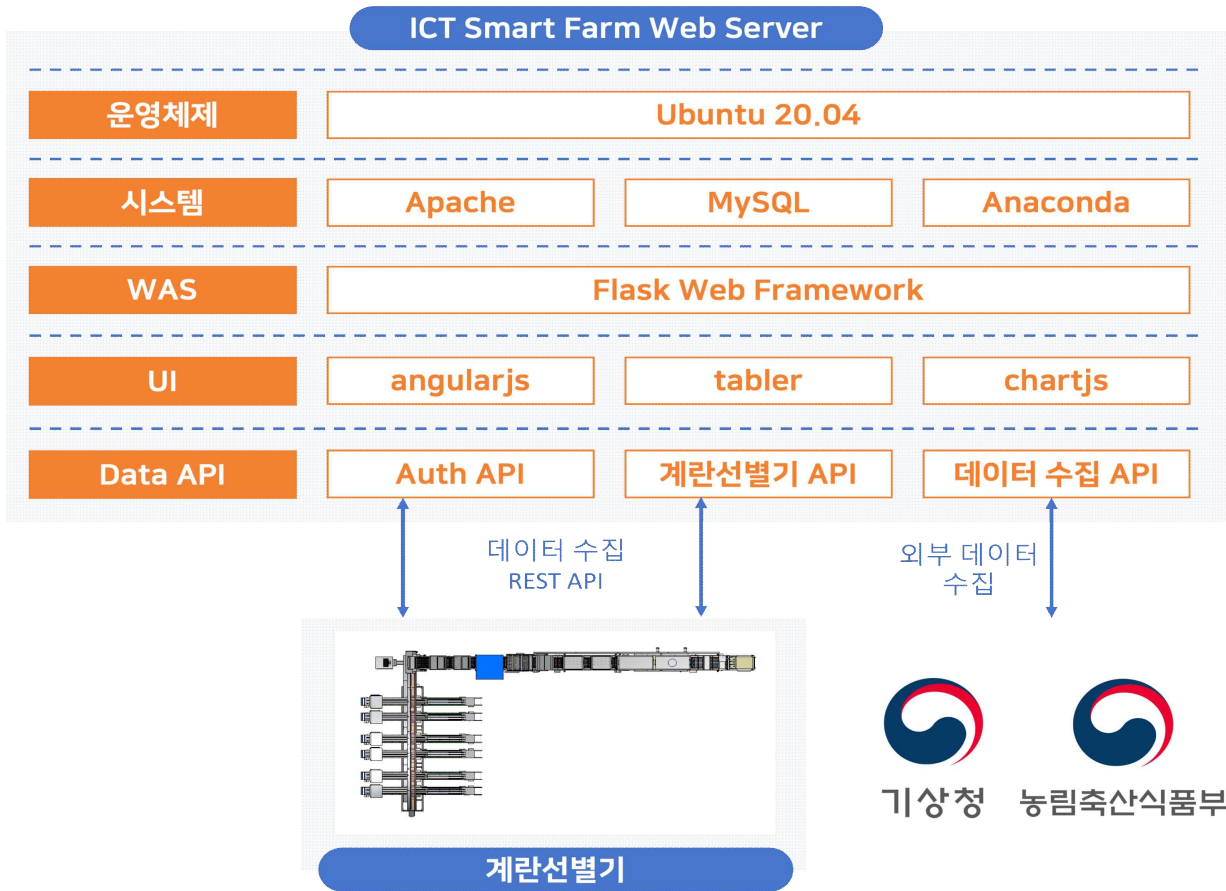


그림 1-65. 시스템 구성요소.

- 빅데이터 플랫폼 개발을 위해 주식회사 시즌에서 자체 개발한 웹프레임워크(오픈소스) 활용.
- 데이터 수집을 위한 API 및 인증 체계를 구축. 계란선별기 기기에서 발생하는 장비 데이터를 안정적으로 수집하기 위해 HTTP 프로토콜 기반의 API를 서버에서 제공하고, 인증된 계란선별기 장비의 PC에서 빅데이터 플랫폼으로 데이터를 전송하도록 구성.
- 프로토타입 개발은 자사의 내부 서버를 활용하여 개발하고, 기본적인 기능 검증이 완료된 후, AWS 운영서버로 이관 예정.

### 3 데이터 분석

	B	C	D	E	F	G
1	에그텍 빅데이터 플랫폼 데이터분석(Data Analysis)					
2	data	데이터형태	데이터종류	데이터주기	상세설명	주요기능
3	아이디	text	입력	.	홈페이지 접속 아이디. 메일 형식.	접속자 신원 파악, key
4	비밀번호	num	입력	.	홈페이지 접속시 비밀번호. 8자 이상 숫자.	접속자 신원 파악
5	이름	text	입력	.	이름	사용자 정보
6	농장명	text	입력	.	농장명	사용자 정보
7	농장주	text	입력	.	농장주명	사용자 정보
8	농장주소	text	입력	.	농장주소	사용자 정보
9	우편번호	num	입력	.	우편번호	사용자 정보
10	유선전화	num	입력	.	농장 대표전화	사용자 정보
11	휴대폰	num	입력	.	휴대폰	사용자 정보
12	팩스	num	입력	.	팩스	사용자 정보
13	이메일	text	입력	.	이메일	사용자 정보
14	고용현황	text	입력	.	전체 00명, 내국인 00명, 외국인 00명 / 농장규모 파악.	사용자 정보
15	농장도면	image	입력	.	농장도면 / 농장 규모와 기계 설치 가능하지 파악.	사용자 정보
16	축산업등록번호	text	입력	.	축산업등록번호	사용자 정보
17	농업경영체번호	text	입력	.	농업경영체번호	사용자 정보
18	축평원계정	text	입력	.	축평원계정	사용자 정보
19	축평원농장번호	text	입력	.	축평원농장번호	사용자 정보
20	총계사개수	num	계산	.	총 계사개수	사용자 정보
21	총산란계수	num	계산	.	총 산란계수	사용자 정보
22	계사번호	num	입력	.	계사번호	계사정보
23	개체수	num	입력	event	계사 내 개체수	계사정보
24	입주일	date	입력	event	입주일	계사정보
25	사육주령	num	입력	event	사육주령	계사정보
26	품종	text	입력	event	품종 / 해외 고려 필요해서 입력으로 가야함.	계사정보
27	입고일	date	입력	event	산란계의 계사 입고일자	계사정보
28	출고일	date	입력	event	산란계의 계사 출고일자	계사정보
29	중추등록일	date	입력	event	중추등록일	계사정보
30	중추농장명	text	입력	event	중추를 생산한 농장이름	계사정보
31	중추사육기간	num	입력	event	중추사육기간, 보통 병아리 사육 4주부터(28일) 10주(70일)까지	계사정보
32	중추입식일자	date	입력	event	중추 입식일	계사정보
33	평균중량	num	입력	event	개체 평균중량 / 산란계 농장 제공	계사정보
34	성계사육일도	num	입력	event	성계사육일도 / 케이지 하나에 사육되는 산란계의 마리수.	계사정보
35	케이지모델	text	select	event	A형케이지, 직립식케이지, 친환경케이지	계사정보
36	급이방식	text	select	event	체인식, 스크루식	계사정보
37	집란방법	text	select	event	자동집란, 반자동집란	계사정보
38	제분방법	text	select	event	배사검용 제분기, 견인식 자동제분기	계사정보
39	온도	num	excel upload	1h	계사 구역별 환경자료	계사환경통계 그래프
40	습도	num	excel upload	1h	계사 구역별 환경자료	계사환경통계 그래프
41	이산화탄소	num	excel upload	1h	계사 구역별 환경자료	계사환경통계 그래프
42	암모니아농도	num	excel upload	1h	계사 구역별 환경자료	계사환경통계 그래프
43	조도	num	excel upload	1h	계사 구역별 환경자료	계사환경통계 그래프
44	환기팬 작동여부	on/off	excel upload	1h	계사 구역별 환경자료	계사환경통계 그래프
45	급이량	num	입력, excel upload	1h	난사비, 수사비 계산에 필요.	일별 사료 소비량, 계사환경통계 그래프
46	급수량	num	입력, excel upload	1h	난사비, 수사비 계산에 필요.	일별 급수량, 계사환경통계 그래프
47	생산효율	num	계산	1d	계란생산중량/사료소비량	월별 꺾은선 그래프
48	사료요구율	num	계산	1d	사료소비량/계란생산중량	월별 꺾은선 그래프
49	난사비	num	계산	1d	계란가격/사료가격	월별 꺾은선 그래프
50	수사비	num	계산	1d	물사용량/사료소비량	월별 꺾은선 그래프
51	등급별 갯수	num	내부	1d	등급별 갯수	생산정보, 등급별 생산그래프, 일별생산그래프
52	판수	num	내부	1d	30구 기준 몇 판.	생산정보
53	등급별 무게구간	num	외부	.	등급 무게구간	생산정보
54	일별 생산수량(총 생산수량)	num	내부	1d	일별 총 생산수량	생산정보, 일별생산그래프
55	일별 생산중량(총 생산중량)	num	내부	1d	일별 총 생산중량	생산정보
56	등급별 평균중량	num	내부	1d	등급별 평균중량	생산정보
57	등급별 비율	num	계산	1d	등급별 비율	생산정보
58	선별기 제조사명	text	입력	.	선별기 제조사명	기계정보
59	모델	text	입력	.	모델명	기계정보
60	기계 일련번호	text	입력	.	기계 고유번호	기계정보
61	적용장치	text	checkbox	.	울선 적용여부	기계정보
62	설치일자	date	입력	.	기계 설치일자	기계정보
63	교환주기	num	입력	.	선별기 교환주기	기계정보
64	교환일	date	입력	.	선별기 교환일	기계정보
65	세척부 엔코더A 주파수	num	내부	0.1s	세척기 엔코더 A 출력값	기기고장분석
66	세척부 엔코더B 주파수	num	내부	0.1s	세척기 엔코더 B 출력값	기기고장분석
67	무게측정부 계란중량	num	내부	event	로드셀 Signal 양단 전압값	기기고장분석
68	제어부 계란중량	num	내부	event	제어D보드 로드셀 전압값	기기고장분석
69	트레이 디스펜서부 경고신호1	text	내부	event	디스펜서부 경고신호	기기고장분석

그림 1-66. 데이터 분석서.

- 양계 빅데이터 플랫폼 관련 데이터에 대한 현황을 분석하여, 데이터의 종류, 특성에 따른 분류 작업을 완료하였고, 산출물로 데이터 정의서를 작성함.



사용자	메뉴분류	1depth	2depth	view	주요기능	기능설명	디자인사항
	로그인				아이디, 비밀번호 입력 오류 체크, 아이디찾기, 비밀번호찾기	로그인	
	회원가입				아이디, 비밀번호, 이름, 농장명, 농장주소 및 우편번호, 유선전화, 휴대폰, 이메일	회원가입	input form
비회원							
회원	메인	HOME		공지사항, 총 계사개수, 총 산란개수, 일별 생산수량(총 생산수량), 일별 생산중량(총 생산중량), 생산효율, 사료요구율, 난사비, 수사비, 등급별 평균중량, 등급별비율, 판수, 통신상태, 선별기상태, 기기고장진단분석, A/S신청			카드
		농장생산통계		총 계사개수, 총 산란개수, 일별 생산수량(총 생산수량), 일별 생산중량(총 생산중량), 등급별 평균중량, 등급별비율, 무계기간, 판수, 일별생산그래프, 등급별 생산그래프, 일별 사료 소비량, 일별 급수량	엑셀다운	일별생산그래프, 등급별생산그래프, 엑셀다운	카드
		계사정보		계사번호, 개체수, 입주일, 사육주령, 구역별환경자료(온도, 습도, CO2, NH3, 조도), 환기팬 작동여부, 급이량, 급수량, 풍중, 입출고일	입력, 추가, 삭제, 수정, 계사선택(조회)	select box로 계사 선택(조회)	item, 카드
		계사현황통계		온도, 습도, CO2, NH3, 조도, 팬가동상태, 그래프, 급이량 그래프, 급수량 그래프	계사선택(조회), 날짜검색(조회)	?	카드
	농장현황	기기상태		통신상태, 선별기상태, 기기고장진단분석, A/S신청		기기고장진단분석(내 기계 상태)	카드
		생산성분석		생산효율, 사료요구율, 난사비, 수사비	입력		카드
	데이터분석	기기고장진단분석		세척부 고장여지, 제어부 고장여지, 트레이 디스펜서부 액정리언 1-5번 고장여지	기기검색(조회)	기기고장진단분석 버튼 클릭 시 고장여지확인	카드
		농장정보		농장주령, 농장명, 축산입등록번호, 농업경영체번호, 축산물계정, 축산물 농장번호, 휴대폰, 이메일, 유선전화, 팩스번호, 농장주소 및 우편번호, 고공현황, 농장도면	추가, 수정		item
	농장관리정보	생산관리자료		계이치모델, 급이방식, 집란방법, 재분방법	입력, 수정		item
		기기정보		선별기 제조사명, 모델, 적용장치, 설치일자, 교환일자			
선별기관리	A/S접수		농장명, ID, 유선전화, 휴대폰번호, 농장주소, 접수사자, 오류발생사자, 모델명, 파트, 고장파트, 기계로그, 이름, 휴대전화, 이메일 상세설명	입력	A/S접수	input form	
	내 접수 확인		접수날짜, 접수사자, 파트, 고장파트, 기계로그, 진행상태	조회	진행상태, 접수내용 확인	list, item	
MYPAGE	A/S 보고서		접수날짜, 수리날짜, 농장명, 농장주소, 휴대폰, 유선전화, 모델명, 오류발생사자, 파트, 고장파트, 기계로그, 원인, 처리내용, 처리자, 교체부품, 비용, A/S비율	기간검색(조회)	날짜, 기간 검색(조회)	list, item	
	가입정보		아이디, 비밀번호, 이름, 농장명, 농장주소 및 우편번호, 유선전화, 휴대폰, 이메일, 가입일자	수정		input form	
	MYPAGE		비밀번호변경		수정	비밀번호 업데이트	카드
관리자	메인	HOME		A/S 접수현황, 소모품 교체 대상 선별기/농장, 가입 농장 수, 선별기 사용 농장 수	조회		
		농장조회		농장명, 농장주령, 축산입등록번호, 농업경영체번호, 축산물계정, 축산물 농장번호, 휴대폰, 아이디, 비밀번호, 유선전화, 팩스번호, 농장주소 및 우편번호, 고공현황, 농장도면, 총 계사개수, 총 산란개수, 선별기 제조사명, 선별기 모델, 적용장치, 선별기 설치일자	입력, 추가, 삭제, 수정		
		생산데이터관리		농장명, 총 계사개수, 총 산란개수, 일별생산수량(총 생산수량), 일별 생산중량(총 생산중량), 일별생산그래프, 등급별생산그래프, 일별 사료 소비량, 일별 급수량, 등급별 평균중량, 등급, 등급별비율, 무계기간, 판수, 생산효율 또는 사료요구율, 난사비, 수사비, 계이치모델, 급이방식, 집란방법, 재분방법	입력, 추가, 삭제, 수정, 엑셀다운		
		계사데이터관리		농장명, 총 계사개수, 총 산란개수, 계사번호, 개체수, 입주일, 사육주령, 구역별환경자료(온도, 습도, CO2, NH3, 조도), 환기팬 작동여부, 급이량, 급수량, 풍중, 입출고일, 등록일, 중주농장명, 중주사육기간, 암시일자, 평균중량, 성계사육일도	입력, 추가, 삭제, 수정		
	농장관리	농장등록		아이디, 비밀번호, 이름, 농장명, 농장주소 및 우편번호, 팩스번호, 유선전화, 휴대폰, 이메일, 축산입등록번호, 농업경영체번호, 축산물계정, 축산물 농장번호, 고공현황, 농장도면, 선별기 모델, 선별기 설치일자, 총 계사개수, 총 산란개수	입력, 추가, 삭제, 수정		
		선별기상태		농장명, 모델명, 통신상태, 기계상태, 자가진단 센서신호, 고장진단분석	입력, 추가, 삭제, 수정, 검색(조회)		
	기계관리	유지관리		농장명, 모델명, 적용장치, 부품명칭, 적용위치, 교환주기, 사용일수, 교환일	입력, 추가, 삭제, 수정, 검색(조회)		
		A/S접수확인		접수날짜, 접수사자, 오류발생사자, 파트, 고장파트, 기계 로그, 모델명, 농장명, 농장주령, 농장주소, 휴대폰, 유선전화, 상세설명	조회		
	A/S관리	A/S보고서		농장명, 모델명, A/S담당자, 접수일자, 처리일자, 기계 로그, 파트, 고장파트, 상세설명, 처리내용 및 결과, 부품교환, 풍중, 수량, 소요시간	검색(조회)		
		계사관리		유지사항	입력, 추가, 삭제, 수정, 검색(조회)		

그림 67. 메뉴 구조도 .

- 데이터 정의서와 요구사항을 바탕으로 메뉴 구조도를 작성하고, 기능과 디자인 사항을 정리함.

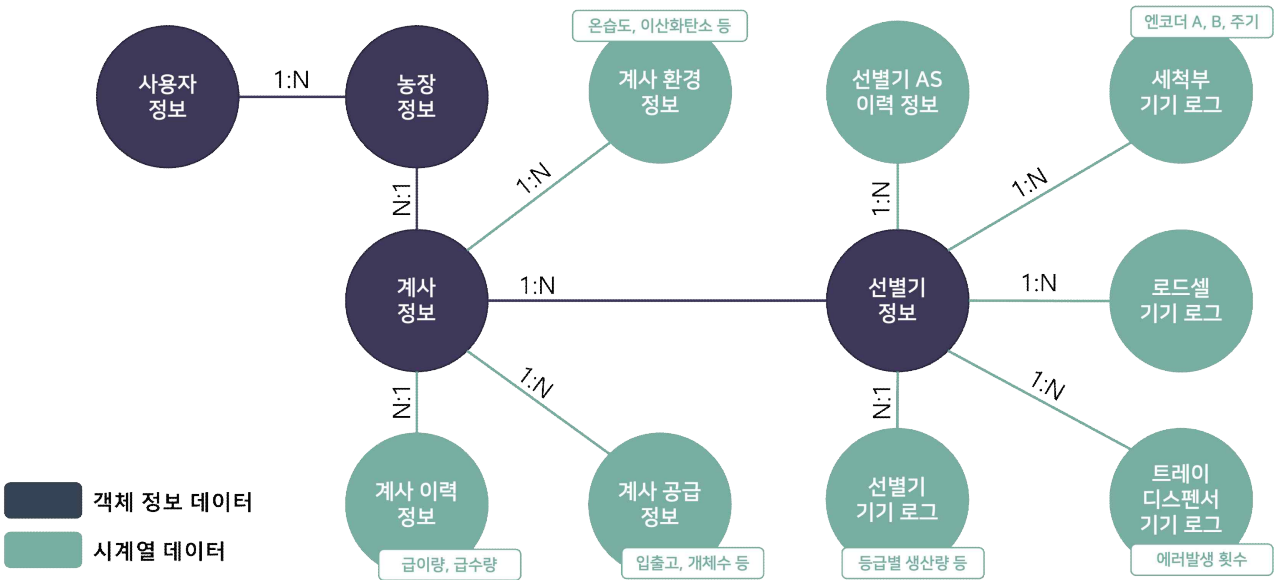


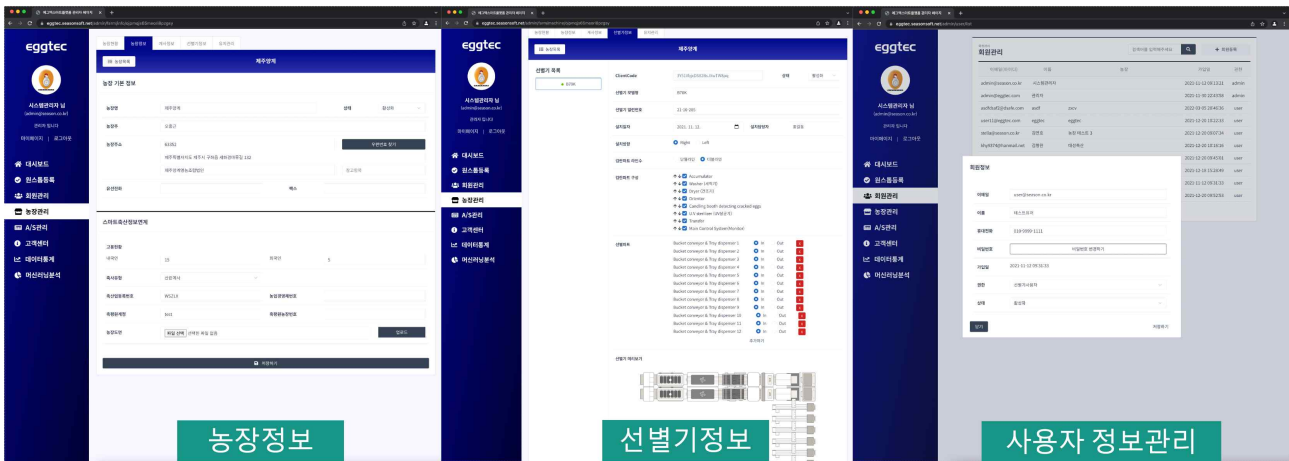
그림 1-68. 양계 농장 및 계란선별기 관련 데이터 구조도.

- 양계 농장 및 계란선별기와 관련된 데이터가 크게 사용자/농장 정보, 계사정보, 선별기의 객체 정보로 구분되고 각 객체는 생산량, 오류 로그 등 시계열 형태로 축적되는 데이터를 포함하고 있음을 파악함.

### 5-3. 개발 결과

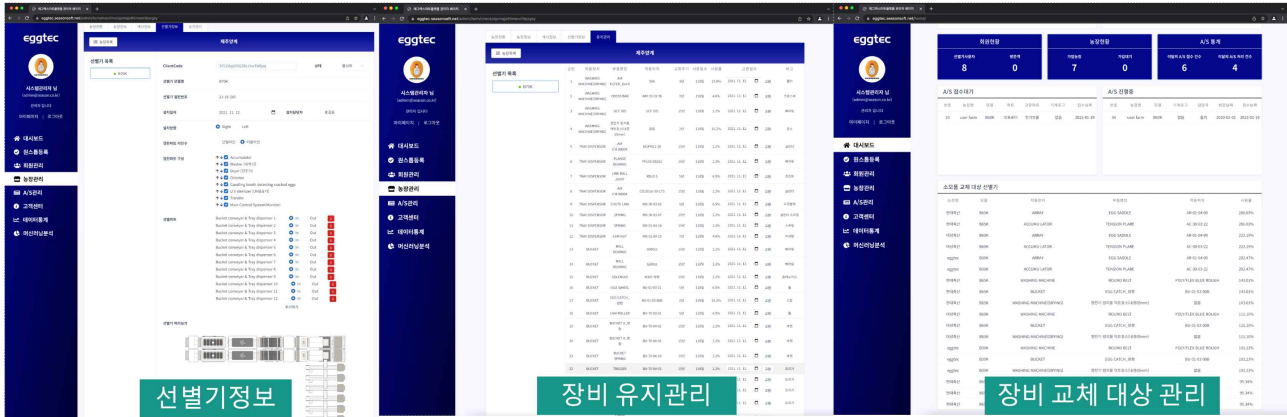
#### 1 요구사항 내용 및 결과물

요구사항 고유번호	FR-001
요구사항 명칭	농장 정보 관리
요구사항 분류	기능 요구사항
요구사항 세부내용	※ 농장코드, 주소, 축산업등록번호 등 주요 농장 정보 관리 ※ 농장 사용자 정보 관리 (이메일, 이름 등) ※ 계란선별기 고유번호 관리 (계란선별기-농장 연계를 위한 정보)



- [농장관리]-[농장정보] 탭에서 농장 기본 정보와 스마트축산정보연계 내용을 입력/수정할 수 있음.
- <관리자>-[농장관리]-[선별기정보] 탭의 ClientCode로 계란선별기-농장 정보를 연계함.
- <관리자>-[회원관리] 페이지와 [농장관리] 페이지에서 농장 사용자에 관한 정보를 관리할 수 있음.
- <사용자>-[마이페이지] 페이지에서 내 정보를 관리할 수 있음.

요구사항 고유번호	FR-002
요구사항 명칭	계란선별기 정보 관리
요구사항 분류	기능 요구사항
요구사항 세부내용	※ 계란선별기시스템 정보 조회 ※ 장비 유지 관리 기록 조회



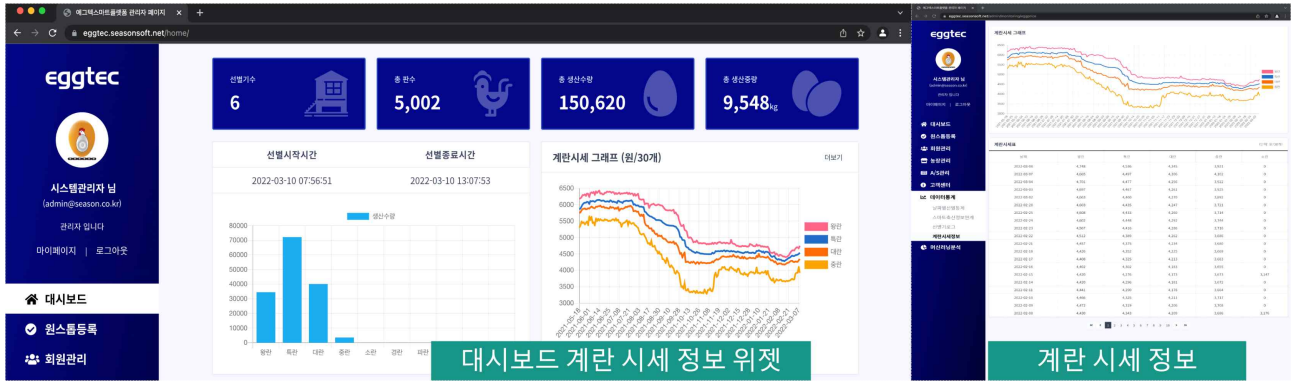
- <관리자>-[농장관리]-[선별기정보] 탭에서 선별기 시스템 정보를 조회 및 수정할 수 있음.
- <관리자>-[농장관리]-[유지관리] 탭에서 선별기 부품 교환일자 및 사용일수, 사용률 등 장비 유지 관리 기록을 조회할 수 있음.
- <사용자>-[농장관리]-[농장정보] 탭에서 소유한 선별기 현황을 확인할 수 있음.
- 선별기 등록은 관리자 계정에서 가능하며, <관리자>-[원스톱등록] 탭에서 사용자등록-농장등록-선별기등록을 통해 사용자의 선별기를 등록해줄 수 있음.

요구사항 고유번호	FR-003
요구사항 명칭	계란선별기 발생 정보 수집 API
요구사항 분류	기능 요구사항
요구사항 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>※ 계란선별기시스템 발생 정보 관리</li> <li>※ 계란선별기 고장예측 자료 관리</li> </ul>

The screenshot displays the 'eggtec' system interface. On the left is a navigation menu with options like '서비스관리자님', '홈', '원스톱등록', '회원관리', '농장관리', 'A/S관리', '고객센터', '데이터통계', '날짜별선별통계', '스마트축산정보연계', '선별기로그', '계란사세정보', and '머신러닝분석'. The main area is divided into two panels. The left panel, titled '선별기 로그', shows a table of egg sorting logs with columns for farm name, line, grade, level, quantity, and various weight metrics. The right panel, titled '날짜별 선별 통계', shows three bar charts for '선별기', '부유물', and '부수' over time, followed by a detailed data table with columns for date, farm name, line, grade, level, quantity, and various weight metrics. A teal box at the bottom of the screenshot contains the text '선별기 수집 원본 데이터' and '통계 조회'.

- 빅데이터 플랫폼은 데이터 수집을 위한 API 및 인증 체계를 포함함.
- 계란선별기 기기에서 발생하는 장비 데이터를 안정적으로 수집하기 위해 HTTP 프로토콜 기반의 API를 서버에서 제공하고, 인증된 계란선별기 장비의 PC에서 빅데이터 플랫폼으로 데이터를 전송하도록 구성됨.
- [데이터통계]-[선별기로그] 페이지에서 선별기 수집 원본 데이터를 확인할 수 있음.
- [데이터통계]-[날짜별선별통계] 페이지에서 농장명, 라인, 계사, 등급, 기간으로 선별 통계 자료를 조회할 수 있음.
- 계란선별기 고장예측을 위해 선별기에서 발생하는 정상 데이터와 이상 데이터의 충분한 양을 확보할 수 있다면 통계, 고장 예측에 사용될 수 있을 것이라 예상함.

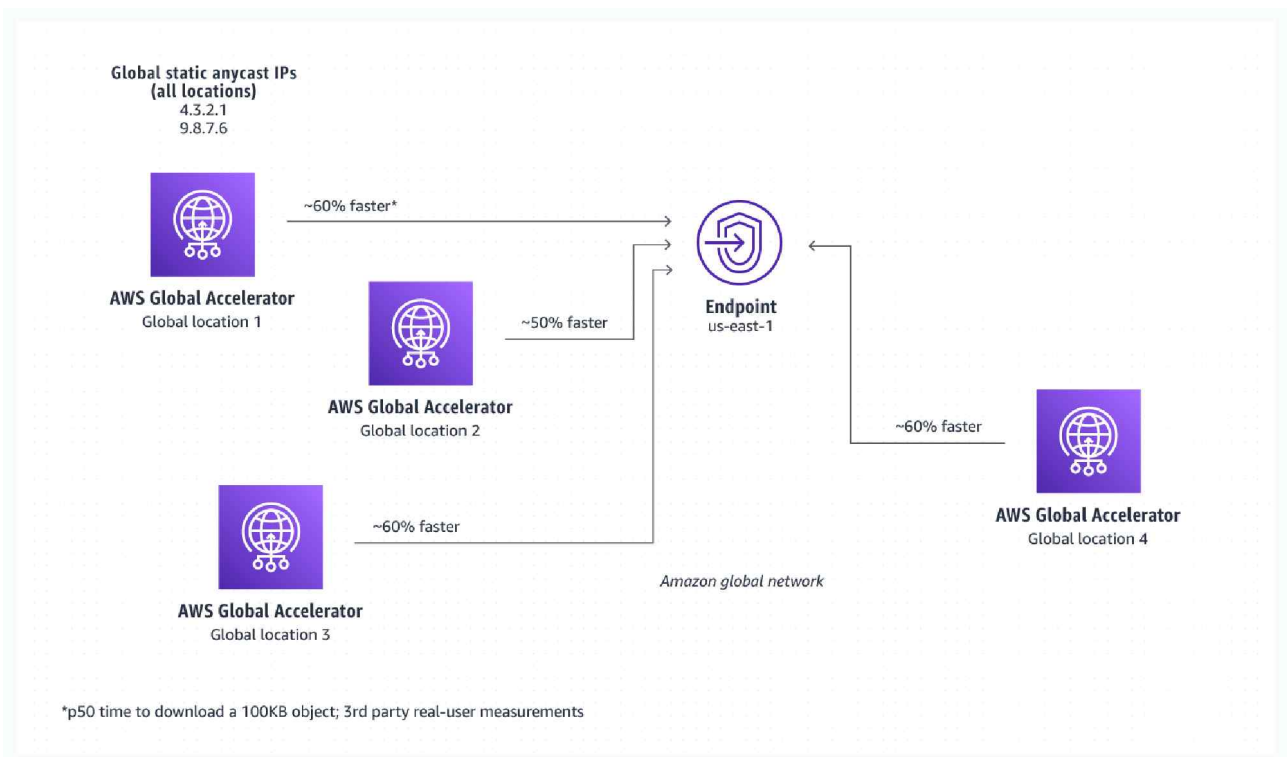
요구사항 고유번호	FR-004
요구사항 명칭	외부 데이터 수집 관리
요구사항 분류	기능 요구사항
요구사항 세부내용	※ 기상(온도, 습도, 풍향 등) 정보 수집 및 관리 ※ 계란 시세 정보 수집 및 관리



- 계란 시세 정보를 일마다 수집하고 표와 그래프로 나타냄.
- [대시보드]의 위젯에서 그래프 확인이 가능하며, [데이터통계]-[계란시세정보]에서 상세 확인이 가능함.
- 기상(온도, 습도, 풍향 등) 데이터는 지역별, 시간별 데이터의 양이 방대하여 수집하지 않는 방향으로 협의됨.

요구사항 고유번호	FR-005
요구사항 명칭	해외 수출 계란선별기 데이터 수집 안정화
요구사항 분류	기능 요구사항
요구사항 세부내용	※ 네트워크 회선에 따른 문제에 대한 개선 필요 ※ 대상국가 : 태국, 필리핀
협약조건	※ 기존 시스템(AWS)에서 개선을 위한 작업 내역을 확인 할 수 없음 ※ 안정화 구성에 따른 복잡도, 검증 과정 등 문제 소지가 있음

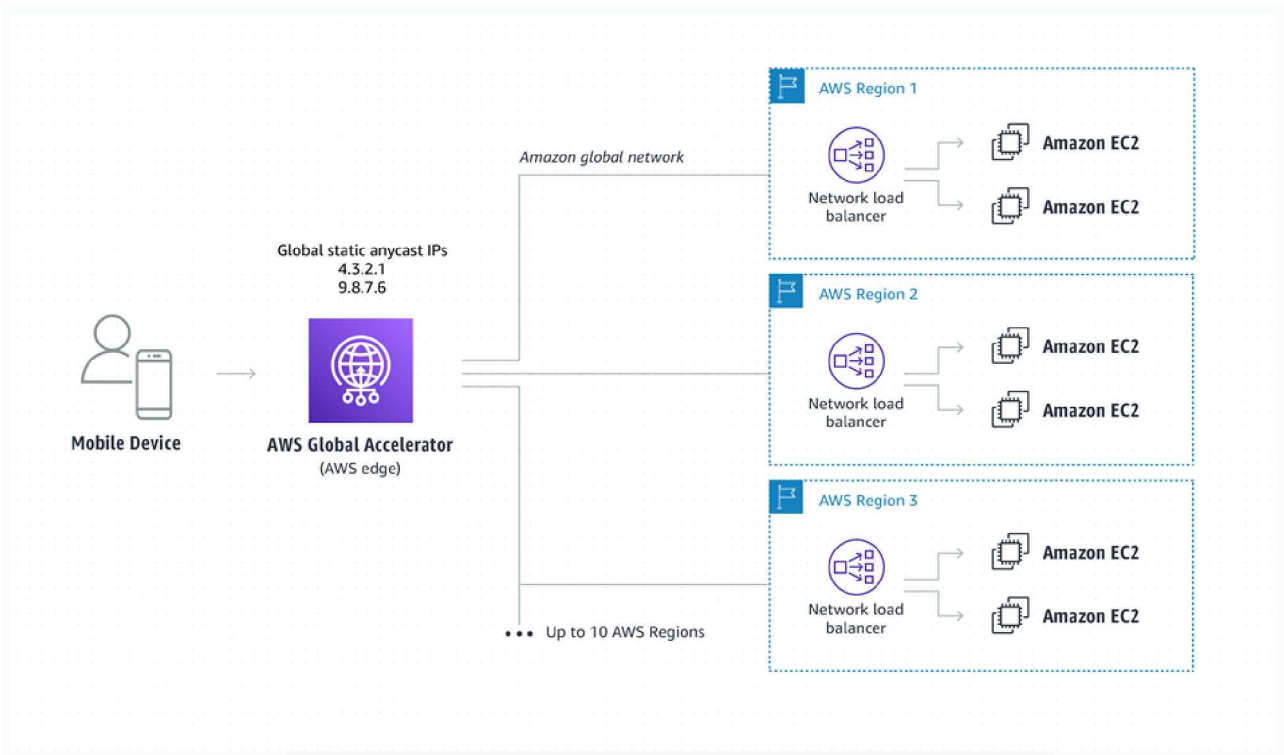
## ○ 해외 장비 대응을 위한 서버 구성도 1



- AWS Global Accelerator 기반의 최적 회선을 통한 연결.
- 회선 사용량 등에 따른 발생 비용 예측이 어려움.
- 설정 구성 이후 해외 테스트 절차가 요구됨.

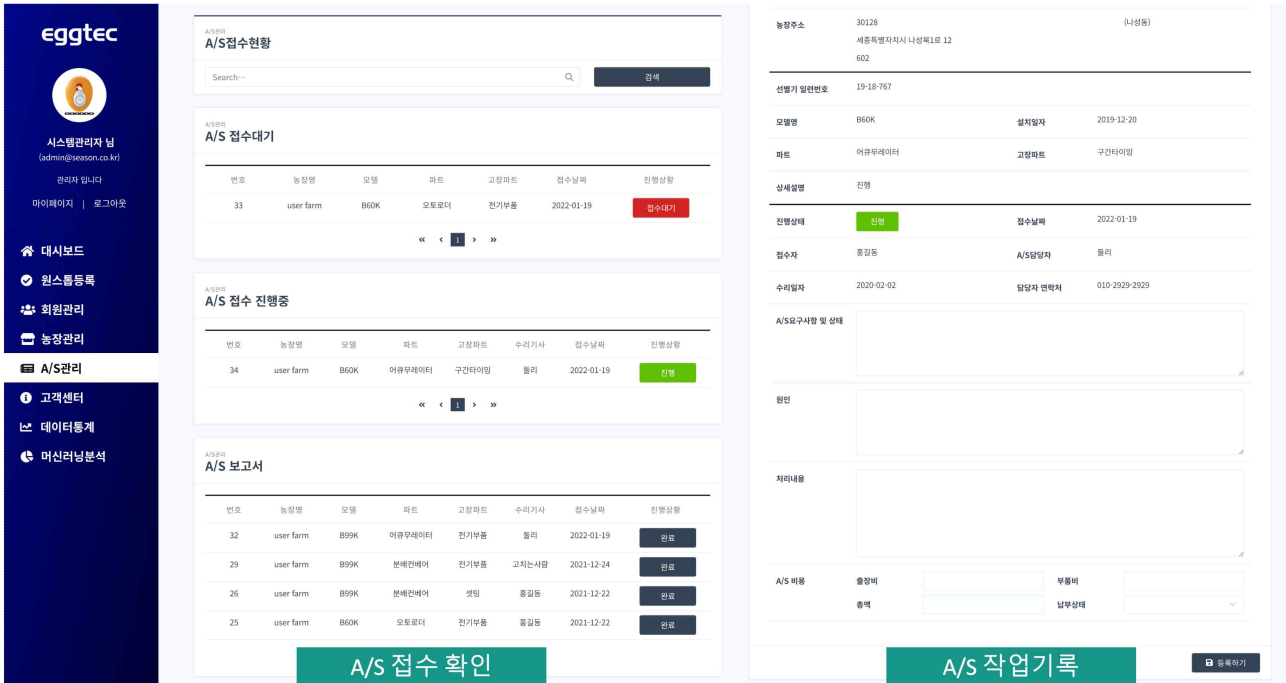


## ○ 해외 장비 대응을 위한 서버 구성도 2



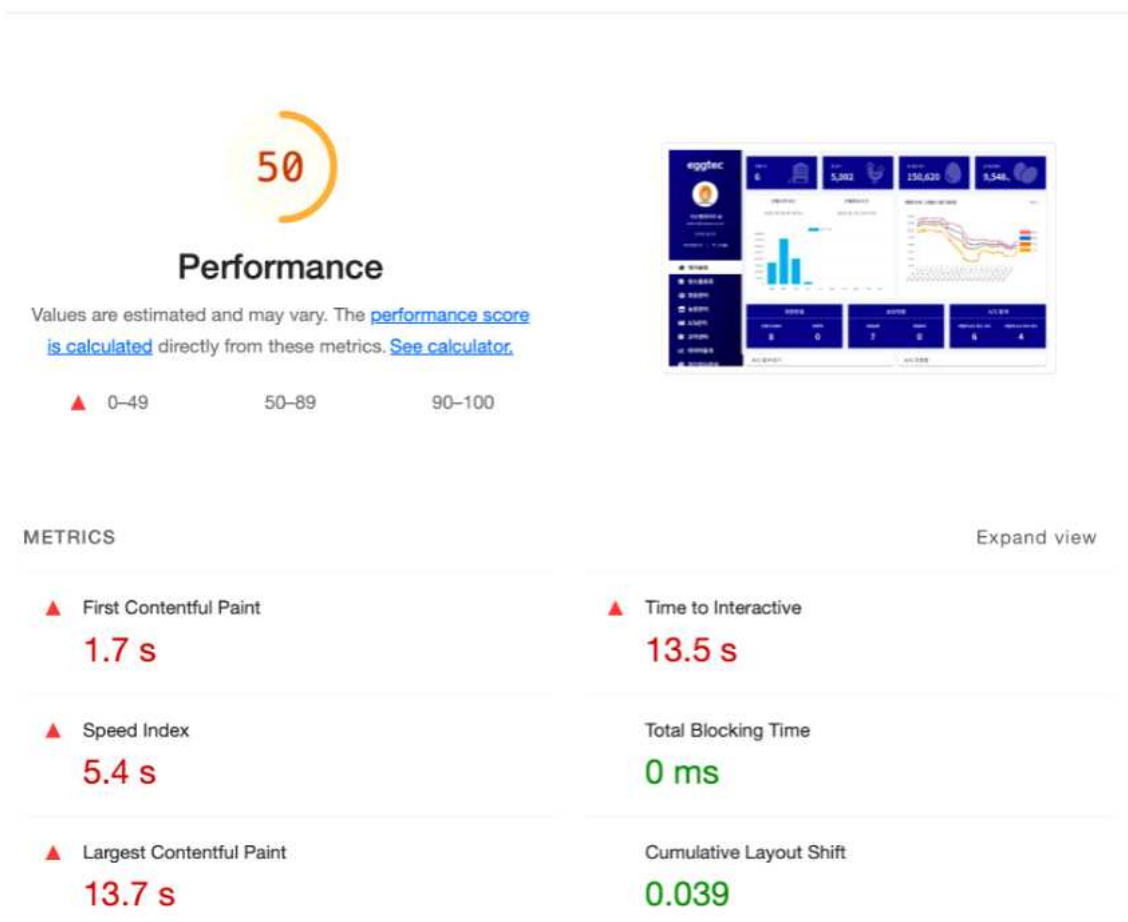
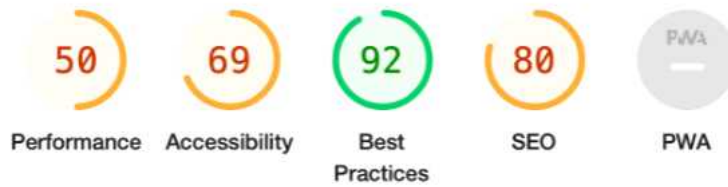
- AWS Global Accelerator를 사용해서 다수 Region에 분산된 응용 서버 중 최적 서버를 탐색.
- 필요로 하는 해외 국가에 최적화된 Region에 독립적으로 인스턴스 설치가 요구되고, 각 Region간 데이터 동기화 문제에 대한 해결방법이 요구됨.
- 다수의 인스턴스 운영을 필요로 하기 때문에, 기본 운영 비용 높음.

요구사항 고유번호	FR-006
요구사항 명칭	AS 접수 및 작업기록 등 오프라인 처리 절차 전산화
요구사항 분류	기능 요구사항
요구사항 세부내용	※ 오프라인으로 처리되는 업무에 대한 디지털 전환 모듈 개발 ※ AS 접수 / 작업기록 등 필요 기능 개발



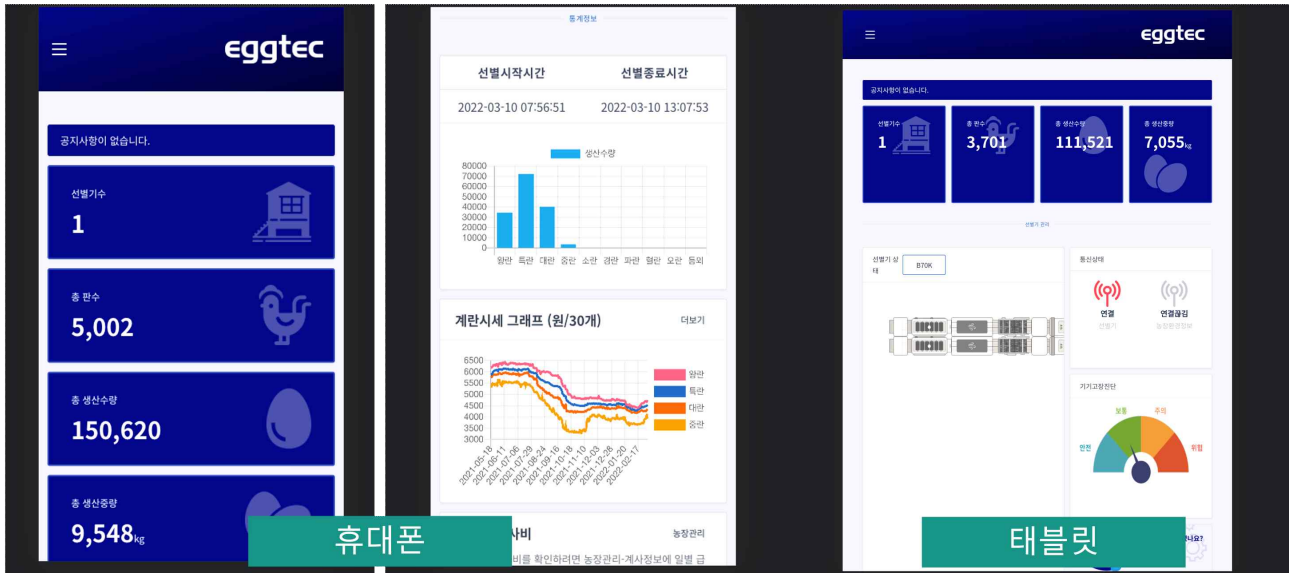
- 오프라인으로 처리되는 A/S 시스템을 플랫폼 내에서 처리가 가능하도록 기획하고 개발함.
- 사용자는 선별기에 이상이 생겼을 때 플랫폼에서 A/S 접수를 할 수 있으며 A/S 진행상황 및 과거 A/S 기록을 확인할 수 있음.
- 관리자는 [대시보드]와 [A/S관리] 페이지에서 A/S 접수대기 내용을 확인할 수 있으며, 담당자 및 수리일자를 지정하여 문서를 진행중 상태로 변경할 수 있음.
- 수리 담당자는 진행중인 문서에 A/S 보고서를 작성할 수 있으며 문서를 완료 상태로 변경할 수 있음.

요구사항 고유번호	IR-001
요구사항 명칭	글로벌 웹 표준 및 접근성 준수
요구사항 분류	인터페이스 요구사항
요구사항 세부내용	※ 웹 응용은 모든 운영체제와 5종 이상의 웹 브라우저(IE, FireFox, Safari, Chrome, Opera)에서 이용이 가능해야 함 ※ 웹 접근성 향상을 위한 국가표준 기술 가이드라인 항목 준수 ※ ActiveX 및 플래쉬 사용 금지



- Chrome에 Lighthouse로 성능 검사를 시행한 결과 Best Practices 92, SEO 80, Performance 50의 평가를 받음.
- Performance가 낮은 원인으로는 대시보드에 표현되는 데이터의 양이 많아서이며, 실제로 반응 속도가 13.5s가 나온 것을 확인할 수 있음.

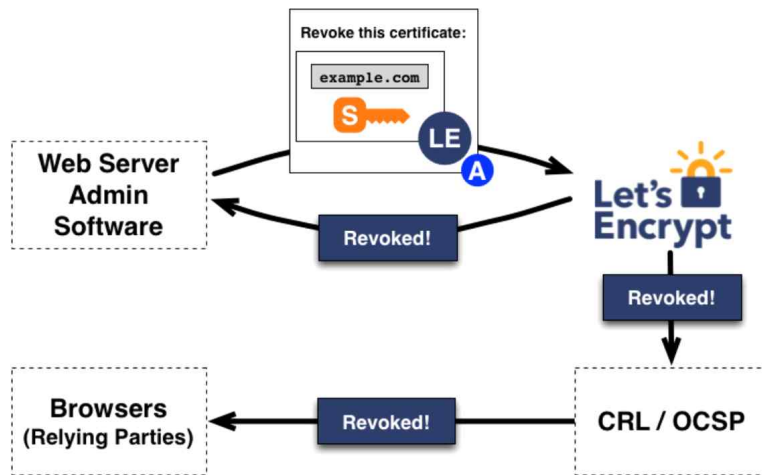
요구사항 고유번호	IR-002
요구사항 명칭	반응형 웹
요구사항 분류	인터페이스 요구사항
요구사항 세부내용	※ 웹 응용은 모바일 해상도에서 조희가 가능한 형태로 표현되는 반응형 디자인을 적용하여 개발



- 모바일 뿐만 아니라 태블릿 등 다양한 화면에서도 조희가 가능한 형태로 표현되는 반응형 디자인을 적용함.

요구사항 고유번호	SER-001
요구사항 명칭	HTTPS 적용
요구사항 분류	보안 요구사항
요구사항 세부내용	※ 운영 웹 서비스에 HTTPS(SSL) 적용

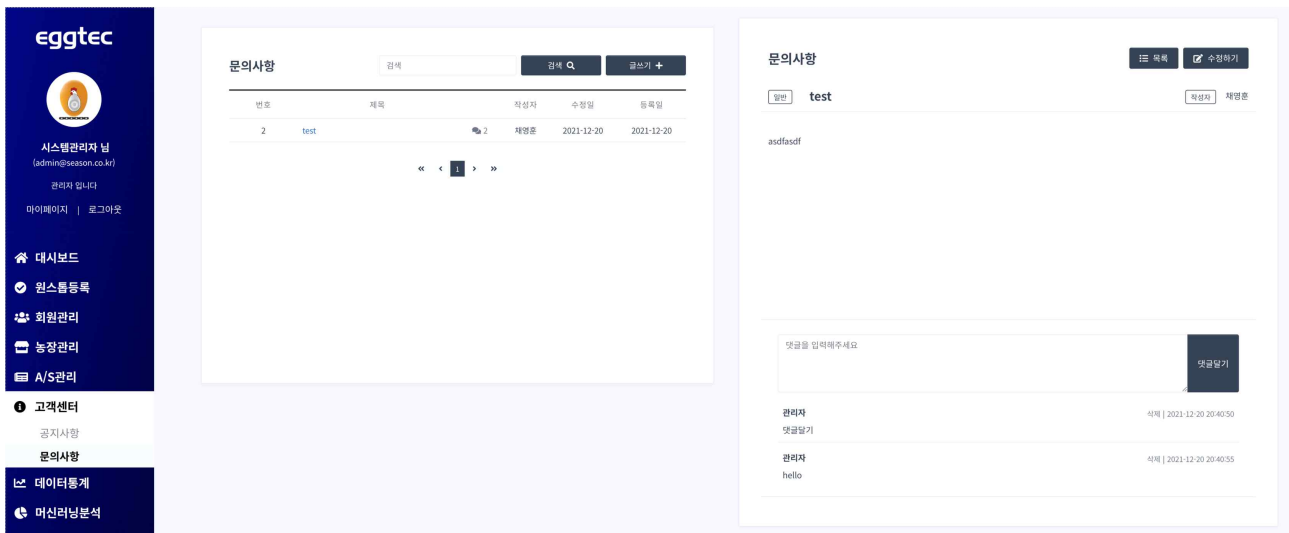
○ Certbot 구조 및 과정



- SSL인증서를 발행하고, HTTP 통신을 HTTPS로 암호화 하는 과정.
- HTTP는 암호화하지 않은 방법으로 데이터를 전송하기 때문에 악의적인 방법으로 감청이나 데이터의 변조가 일어날 수 있음.
- HTTPS 연결 과정에서 서버와 클라이언트 간에 대칭키인 세션키를 교환하며, 교환하는 과정에서 비대칭키를 사용.
- 클라이언트(브라우저)가 서버로 최초 연결 시도를 하면 서버는 공개키를 브라우저에 넘겨주고 브라우저는 인증서의 유효성을 검사하며 세션키를 발급함. 브라우저는 세션키를 보관하며 추가로 서버의 공개키로 세션키를 암호화하여 서버로 전송하고, 서버는 개인키로 암호화된 세션키를 복호화하여 세션키를 얻음. 브라우저와 서버는 동일한 세션키를 공유하므로 데이터를 전달할 때 세션키로 암호화/복호화를 진행하게 됨.

## 2 추가사항 내용 및 결과물

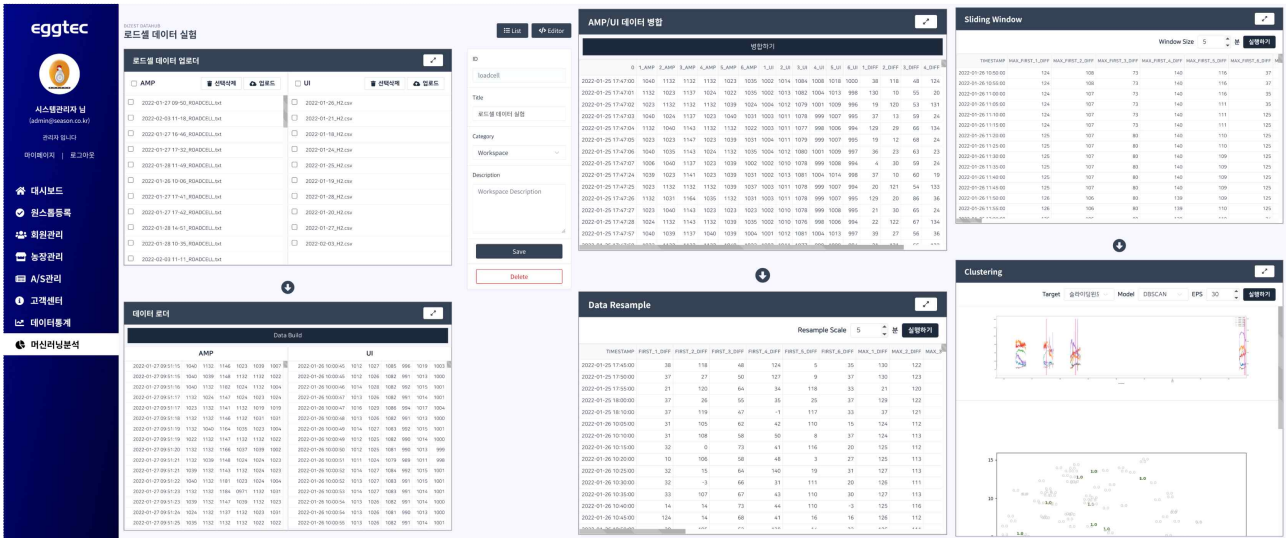
추가사항 고유번호	001
추가사항 명칭	공지사항/문의사항 게시판
추가사항 분류	편의사항
추가사항 세부내용	※ 관리자 공지사항 게시판 개발 ※ 사용자 문의사항 게시판 개발



- 관리자는 공지사항 게시판으로 사용자들에게 서비스 운영 중단 등의 공지사항을 플랫폼에서 공지할 수 있음.
- 사용자는 문의사항을 에그텍 관리자에게 남길 수 있음.



추가사항 고유번호	002
추가사항 명칭	머신러닝 분석 환경 (관리자)
추가사항 분류	기능 추가사항
추가사항 세부내용	※ 관리자 머신러닝분석 모듈 개발



- 관리자는 [머신러닝분석] 페이지에서 선별기 데이터를 업로드 시켜 머신러닝 분석으로 실험 결과를 얻을 수 있음.
- 로드셀 데이터 실험에서 에그텍에서 제공한 AMP 데이터와 UI 데이터를 업로드하였고 실험 목적에 따라 데이터 빌드, 병합, 리샘플 과정을 거치며 유의미한 값을 도출할 수 있도록 함.
- 플랫폼은 머신러닝 분석 과정을 눈에 보이는 화면으로 구성한 것이며 실험 과정에서 사용되는 모듈들에 대한 개발과 정형화는 고장예측분석 연구에서 이뤄질 것임.
- 고장예측분석 연구를 통해 활용 빈도가 높을 것이라 예측되는 모듈들을 개발하여 플랫폼에서 사용할 수 있게 하는 확장성 있는 개발이 이뤄짐.
- 추후 양계 농장 데이터에 대한 인공지능 적용을 위해 필요한 필수 데이터 확보, 데이터 항목 정의, 학습 데이터 가공을 위한 표준 구조를 도출하고 이를 유용하게 활용할 수 있는 방안이 요구됨.

### 3 기타사항

- 2021.12.20.부터 2022.03.17.일까지 약 3개월(90일) 동안 제주 양계의 데이터 적재량은 161.6MB로, 100일동안 200MB를 사용했다고 가정하였을 때 농장 한 곳이 하루에 2MB를 사용하고 있음.
- 추후 농장 100개에서 동시 사용 시 하루 데이터 사용량은 200MB 정도일 것으로 예상되며, 현재 서버 용량인 1TB 기준으로 10년 이상 사용이 가능하다고 예측됨.
- 100개 농장 기준 데이터 저장 주기는 3년을 권장하며, 데이터베이스 데이터 삭제 시 데이터 백업 정책이 필요함.

ID	Timestamp	Farm Name	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6	Col 7	Col 8	Col 9	Col 10
2193903	2022-03-17 11:15:45	3Y51VbjxDS828sjXwTW8pq	4	1	6 250-299	0	3	0	27.3	0	0	2022-03-17 11:15:00
2193902	2022-03-17 11:15:45	3Y51VbjxDS828sjXwTW8pq	4	1	5 300-439	0	3	0	42.2	0	0	2022-03-17 11:15:00
2193901	2022-03-17 11:15:45	3Y51VbjxDS828sjXwTW8pq	4	1	4 440-519	0.4	32	2	49.3	1	0	2022-03-17 11:15:00
2193900	2022-03-17 11:15:45	3Y51VbjxDS828sjXwTW8pq	4	1	3 520-599	15.1	1381	80	57.7	46	0	2022-03-17 11:15:00
2193899	2022-03-17 11:15:45	3Y51VbjxDS828sjXwTW8pq	4	1	2 600-694	68.3	6244	403	64.5	208	0	2022-03-17 11:15:00
2193898	2022-03-17 11:15:45	3Y51VbjxDS828sjXwTW8pq	4	1	1 695-830	16.1	1467	106	72.3	48	0	2022-03-17 11:15:00
2193897	2022-03-17 11:15:41	3Y51VbjxDS828sjXwTW8pq	4	2	10 249-850	0	1	0	105.3	0	0	2022-03-17 11:15:00
2193896	2022-03-17 11:15:41	3Y51VbjxDS828sjXwTW8pq	4	2	9 0-0	0	0	0	0	0	0	2022-03-17 11:15:00
2193895	2022-03-17 11:15:41	3Y51VbjxDS828sjXwTW8pq	4	2	8 0-0	0	0	0	0	0	0	2022-03-17 11:15:00
2193894	2022-03-17 11:15:41	3Y51VbjxDS828sjXwTW8pq	4	2	7 0-0	0	0	0	0	0	0	2022-03-17 11:15:00

그림 1-69. 데이터 적재 현황.

○ 모바일 로그인 방법

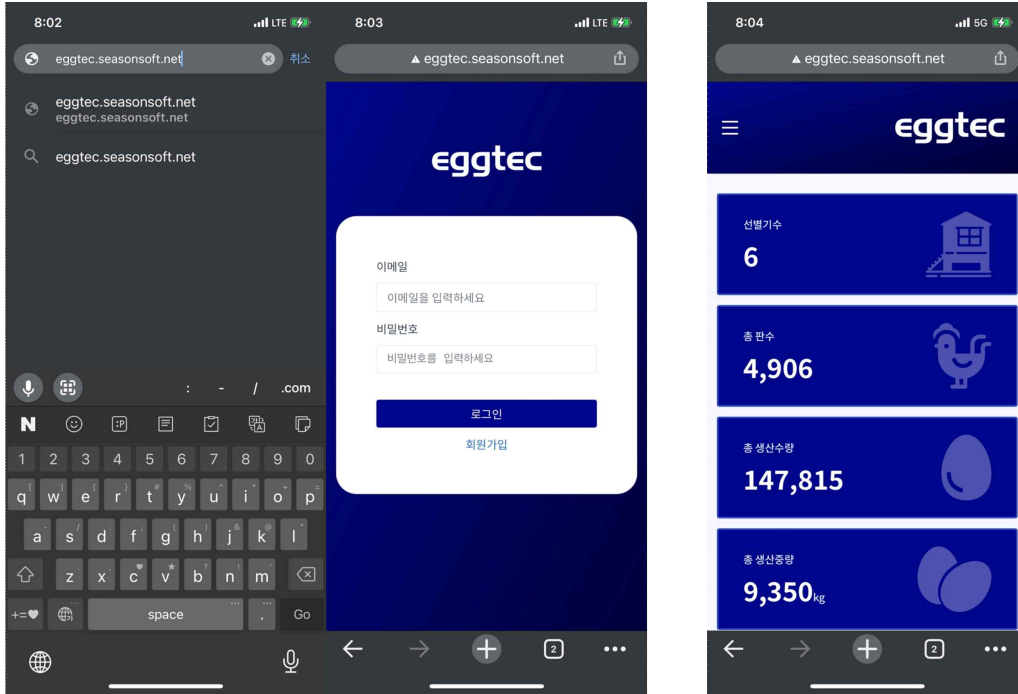


그림 1-70. 모바일 로그인 (iOS, 크롬).

1. chrome, 삼성 브라우저, 엡지 브라우저, 파이어폭스, 사파리 등의 웹 브라우저에서 netc.kr 에 접속함.
2. 현재 에그텍 관리자 계정은 admin@eggtec.com, 사용자 계정은 user11@eggtec.com 이며, 비밀번호는 1111임.
3. 로그인되면 [그림 11]의 우측과 같은 화면이 나옴을 확인할 수 있음.

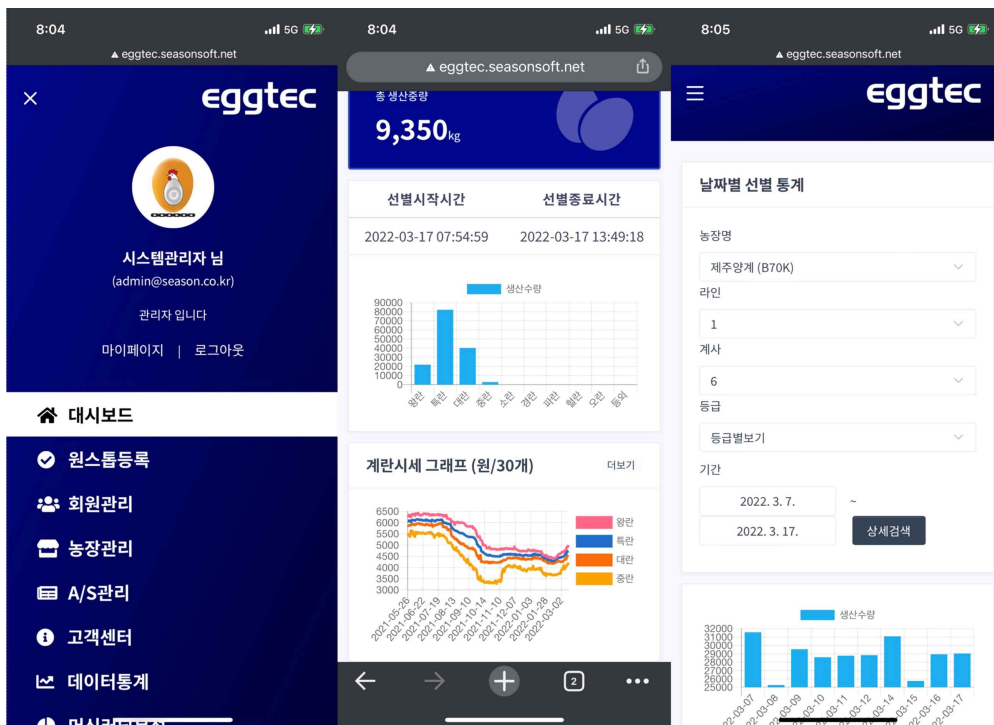


그림 1-71. 모바일 사용 화면 (iOS, 크롬).

4. 그림 1-70의 좌측 상단에 네비게이션 바를 눌러 원하는 페이지로 이동할 수 있으며, 그림 1-71은 [데이터통계]-[날짜별선별통계] 페이지에서 상세검색을 한 결과임.

## 5-4. 참고문헌 (빅데이터 플랫폼)

### 1 Python 라이브러리

---

- Numpy, <https://numpy.org/>
- Pandas, <https://pandas.pydata.org/>
- Season-framework / WIZ, <https://github.com/season-framework/wiz>

### 2 UI 라이브러리

---

- AngularJS, <https://angularjs.org/>
- Chart.JS, <https://www.chartjs.org/>
- JQuery, <https://jquery.com/>
- Fontawesome, <https://fontawesome.com/>
- Highcharts, <https://www.highcharts.com/>
- Moment, <https://momentjs.com/>
- Sortable, <https://jqueryui.com/sortable/>
- Tabler, <https://tabler.io/>
- Tinymce, <https://www.tiny.cloud/>
- Toastr, <https://codeseven.github.io/toastr/>

### 3 참고 문헌

---

- 농업 경영전략 개발을 위한 빅데이터 플랫폼 설계 (Korea science, 2017)
- 스마트팜 현황조사 및 성과분석 (농림축산식품부, 2021)
- 축산 빅데이터 플랫폼 ICT 장비 연계 매뉴얼 (농림수산물교육문화정보원, 2019)

## 가. 연구의 개요

- 우리나라의 계란은 양축농가와 집하장 두 곳에서 생산 및 출하되고 있음. 대부분의 계란은 양축농가에서 생산되고 식용란수집판매업체를 거쳐 소매업체로 유통되고 있음. 계란수집, 선별 및 포장 공정을 포함하고 있는 집하장의 경우 계란의 생산 및 유통 비율이 양축농가-식용란업체에 비해 현저하게 낮음. 계란은 생산과정에서 닭의 분비물이 껍질을 오염시킬 수 있기 때문에 생산 초기 단계부터 품질 관리가 매우 중요하지만, 현재 계란 유통 프로세스에서는 관리가 미흡한 실정임.
- 이에 따라 농림축산식품부는 2019년 4월 25일부터 국내 유통 계란에 대해 의무적으로 식용란 선별포장장에서 위생처리를 거치도록 하는 선별 포장 유통제도를 시행하였고, 업체들의 준비기간 등을 고려하여 1년간 계도기간을 운영 후 제도가 본격적으로 시행되는 2020년 4월 25일부터 국내 유통 계란은 가정용 계란 선별포장업체 259곳의 식용란선별포장장에서 오염된 계란이나 깨진 계란 등을 선별하는 공정 과정을 반드시 거쳐야 함.
- 계란에 있는 균열은 닭의 분비물, 먼지 등을 계란 내용물에 유입하여 Salmonella Enteritidis, Campylobacter jejuni 등과 같은 식품매개병원균에 오염시킬 위험성이 있으므로 반드시 유통 단계 이전에 제거되어야 함. 또한, 미세한 균열이 있는 계란 (미세 파각란)은 집란 당시 정상란으로 오판되기 쉬우며, 유통과정 중 물리적 충격 혹은 냉장 보관 중 껍질과 껍질막 사이의 수분 이동 및 정체, 냉각에 의한 열적 스트레스와 같은 물리적 변화로 인하여 균열이 커져 결국 파란이 되어 주변의 정상란 및 유통환경을 오염시키는 교차오염의 문제가 발생하여 유통 계란의 상품성을 현저하게 감소시킴. 껍질이 손상된 달걀은 닭의 주령, 질병, 사료 영양소, 환경 등 다양한 원인에 의해 발생함.
- 현재 깨진 계란을 찾기 위하여 자동화된 대규모 계란 선별 공정에서는 음향 검사를 활용하고, 소규모 계란 선별 공정에서는 인력을 활용한 육안 검사를 수행하고 있음. 그러나 육안 검사는 미세 파각란을 검출하기 어려우며, 음향 검사 방법은 해외 기술에서 도입된 기술이기 때문에 국산 갈색란에 적용하였을 때, 오검출률이 증가함. 그러므로 현재 상용화되어 있는 파각란 검출기를 이용하여 껍질에 미세한 실금(micro-crack 또는 hairline crack)이 있는 계란을 선별하는 데 어려움이 있음.
- 최근 국내 소비자 및 대형 유통업체는 고품질의 계란을 선호하기 때문에 선별과정에서 이상란을 완벽히 차단하는 높은 선별 수준이 필요함. 특히 국내산 계란에 대해 정확도 및 활용도가 떨어지는 고가 외국 미세 파각란 검출 기술을 대체할 수 있는 국산 미세 파각란 검출 기술의 개발이 요구되고 있음.
- 해외에서 물리적 압력을 이용하여 미세한 실금을 확인할 수 있는 확인할 수 있다는 연구 (Lawrence et al., 2008)가 보고되었지만, 현재까지 압력을 이용한 미세 파각란 판별 기술은 실용화되지 않았음.
- 본 연구에서는 (주)에그텍에서 제작 판매하고 있는 시간당 30,000란 이상을 선별할 수 있는 “고속 계란선별기”에 본 연구를 통해 개발될 미세 파각란 검출 시스템을 결합하여 스마트 계란 종합품질 선별시스템을 개발하고자 함.

## 나. 연구의 필요성

- 2017년 살충제 계란 파동 이후 소비자들은 계란의 신선도와 위생 안전 문제에 관한 관심이 굉장히 높아졌으며, 이에 따른 제도의 개선이 이루어지고 있는 것에 비해 국내의 계란선별기는 아직 해외 제품에 의존하여 국내 실정에 맞지 않아 정확도가 떨어지고 관리 운영 비용의 상승 등으로 인해 국내 계란선별포장업체의 어려움이 지속되고 있어 국산 계란에 적합한 기술개발의 필요성이 절실한 것으로 판단됨
- 국내 유통 중인 계란 중에서 이물질 출현율은 47% 정도였고, 파각란은 32개 제품군에서 대부분 한 알 이상 포함되어 있어 유통되는 이상란의 비율이 매우 높기 때문에 국내산 계란에 부합하는 적절한 이상란 검출 기술을 개발하여 유통되는 이상란의 비율을 낮춰 소비자에게 안전한 계란을 유통할 수 있어야 함
- 계란선별기의 경우 본 과제 주관기관인 (주)에그텍은 Nabel사(일본)과 기술 교류를 통해 계란 선별 기술을 공유하고 있으나, 미세 파각란 검출기의 경우는 기술제휴 자체를 거부함에 따라 국내 기술로 국내 계란선별 환경에 최적화된 미세 파각란 검출 시스템을 개발할 필요가 있음
- 이상란 검출기술 중 파각란의 경우, 조용한 미생물 감염 원인으로 알려진 미세 크랙이 난 계란을 선별할 수 있는 상용화 장치는 세계적으로 아직 개발되지 않았음. 본 주관기관은 미국 USDA-ARS (미국 농무부 농업연구청) 산하 U.S. National Poultry Research Center (Scientist: Dr. Seung-Chul Yoon)와 기술제휴를 통해 미세 파각란 검출 기술을 이전받아 세계 최초로 고속 선별라인에 장착할 수 있는 시스템을 개발하고자 함. 현재 USDA-ARS와 기술 이전을 협의하였음
- 국내에서 미세 파각란 판별 기술을 개발하여 기존 해외 제품에 대해 경쟁력을 갖춘 자체 기술을 탑재한 국내산 계란선별기를 해외에 수출하여 국내의 저조한 농업기계 제조업 분야의 새로운 성장동력으로 활용할 수 있음

## 2. 연구개발과제의 최종목표

미세 파각란 자동 판별을 위한 음압 방식 적용 고속 판별 장치 개발

## 3. 연구개발과제의 내용

제 2세부연구과제 (협동 : 충남대학교)

<1차년도>

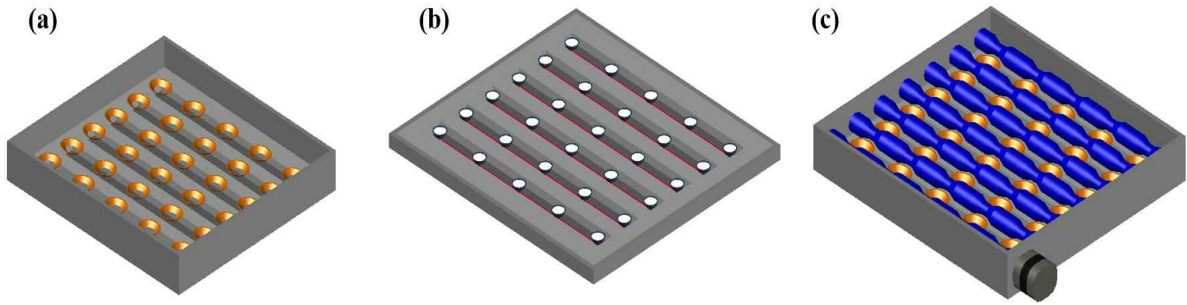
### 가. 미세 파각란 검출 진공 실험 장치 구축

- 1) 미세 파각란 검출을 위한 실험용 진공 챔버 및 장치 구축
- 2) 미세 파각란 확인을 위한 최적 진공 압력 변화 구명

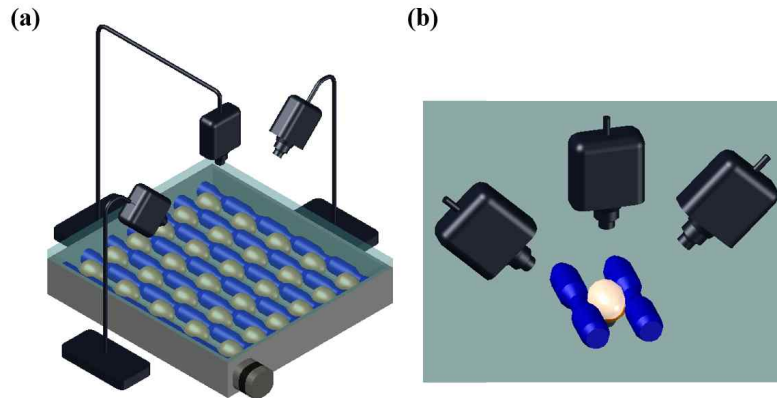
### 나. 미세 파각란 검출 실험 영상장치 구축

- 1) 미세 파각란 검출을 위한 실험용 영상처리 장치 구축
- 2) 계란 껍질의 모든 표면 영상획득을 위한 회전장치 구축





<미세 파각란 실험 장치 개념도: (a) 진공챔버, (b) 광원 장치, (c) 계란 회전 장치>



<미세 파각란 영상장치 개념도>

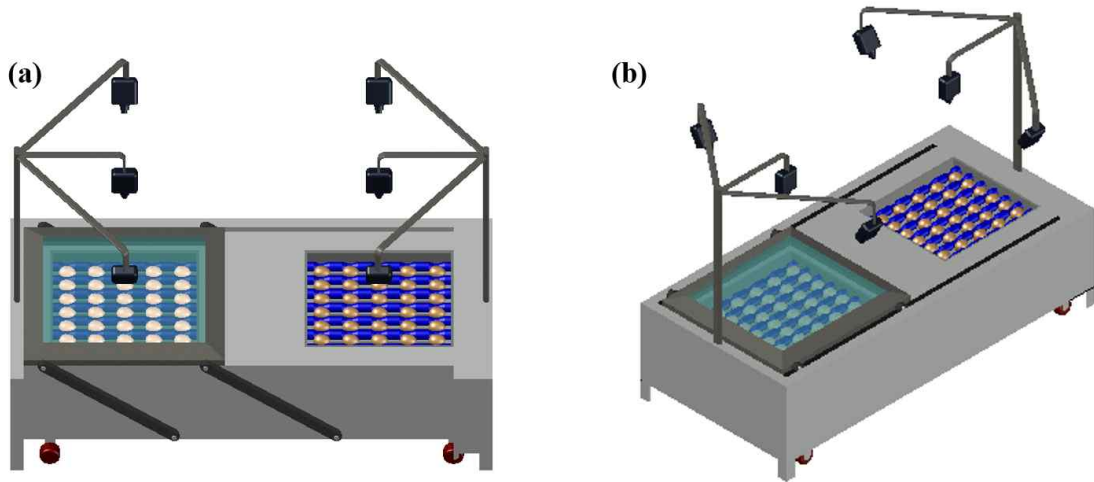
## <2차년도>

### 가. 미세 파각란 고속 판별 장치 개발

- 1) 미세 파각란 판별 장치 내외부 구조 설계
- 2) 판별 장치 진공 생성시스템 개발
- 3) 계란 이송 자동화 시스템 개발
- 4) 미세 파각란 판별 영상처리 장치 및 계란 회전 시스템 개발

### 나. 실시간 미세 파각란 영상 검출 알고리즘 개발

- 1) 영상처리 장치 제어 및 미세 파각란 검출 영상획득을 위한 프로그램 개발
- 2) 획득된 영상을 통한 실시간 미세 파각란 검출 알고리즘 개발



<미세 파각란 판별 장치 프로토타입 개념도>

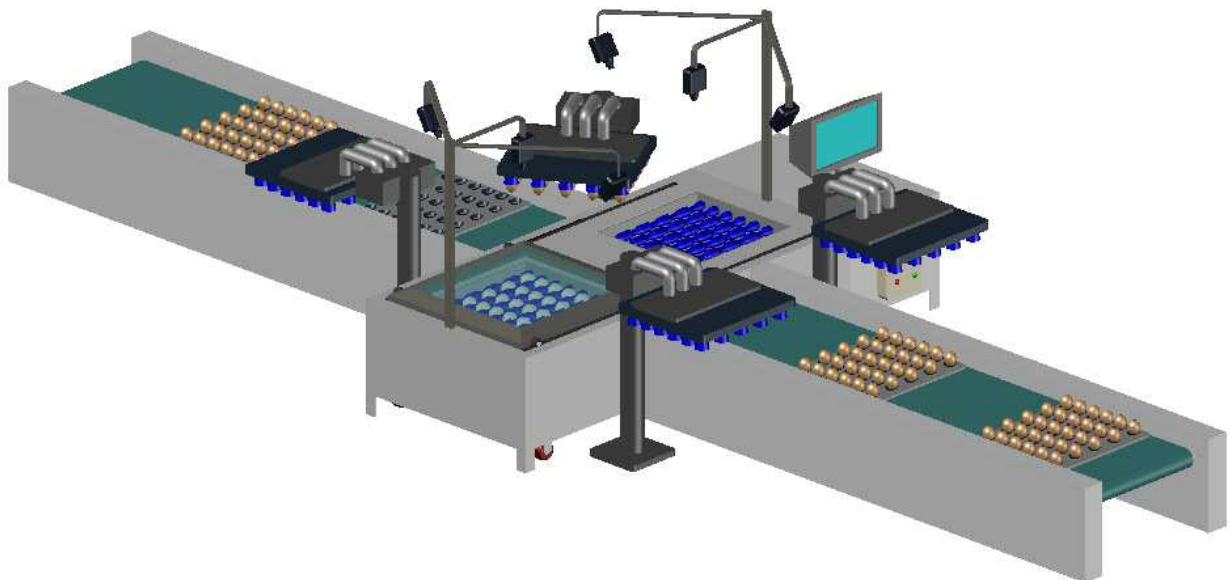
<3차년도>

가. 미세 파각란 고속 판별 장치 제어시스템 개발

- 1) 진공 생성 장치 제어 장치 설계 및 제작
- 2) 계란 이송 자동화 시스템 제어 장치 설계 및 제작
- 3) 카메라 위치 조절 장치 설계 및 제작
- 4) 고속 판별 장치 통합 제어 장치 설계 및 제작

나. 미세 파각란 고속 판별 장치 종합 성능평가

- 1) 미세 파각란 실시간 선별 성능검증
- 2) 계란 선별 현장 평가를 통한 주요 부품의 보완점 구명, 수정 설계 및 제작
- 3) 최종 미세 파각란 고속 판별 장치의 성능검증 및 현장 실용화 방안 구축



<미세 파각란 고속 판별 장치 개념도>

#### 4. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

##### 1) 연구 수행 결과

###### 제 2세부 연구과제 (협동 : 충남대학교)

###### <1차년도>

###### 가. 미세 파각란 검출 진공 실험 장치 구축

###### 1) 미세 파각란 검출을 위한 실험용 진공 챔버 및 장치 구축

###### ○ 미세 파각란 판별 실험용 진공 챔버 개발

- 계란에 순간적인 진공압을 가할 수 있는 진공 챔버는 진공압을 견딜 수 있고, 일정 개수의 계란을 배치 및 영상을 획득할 수 있는 소재 및 크기를 선정하였음. 챔버는 투명하고 단단한 아크릴 소재를 사용하였으며, 진공압에 의한 변형을 방지하기 위하여 모든 면의 두께를 2cm로 제작하였음(그림 1-1(a)).
- 그러나 제작된 진공 챔버에 순간적으로 진공압을 생성하였을 때, 챔버가 휨 및 흔들림 현상이 발생하였음(그림 1-1(b)). 따라서, 챔버를 보완하기 위하여 상판(덮개)을 제외하고 알루미늄 소재 및 두께 5cm로 변경하였음(그림 1-1(c)).

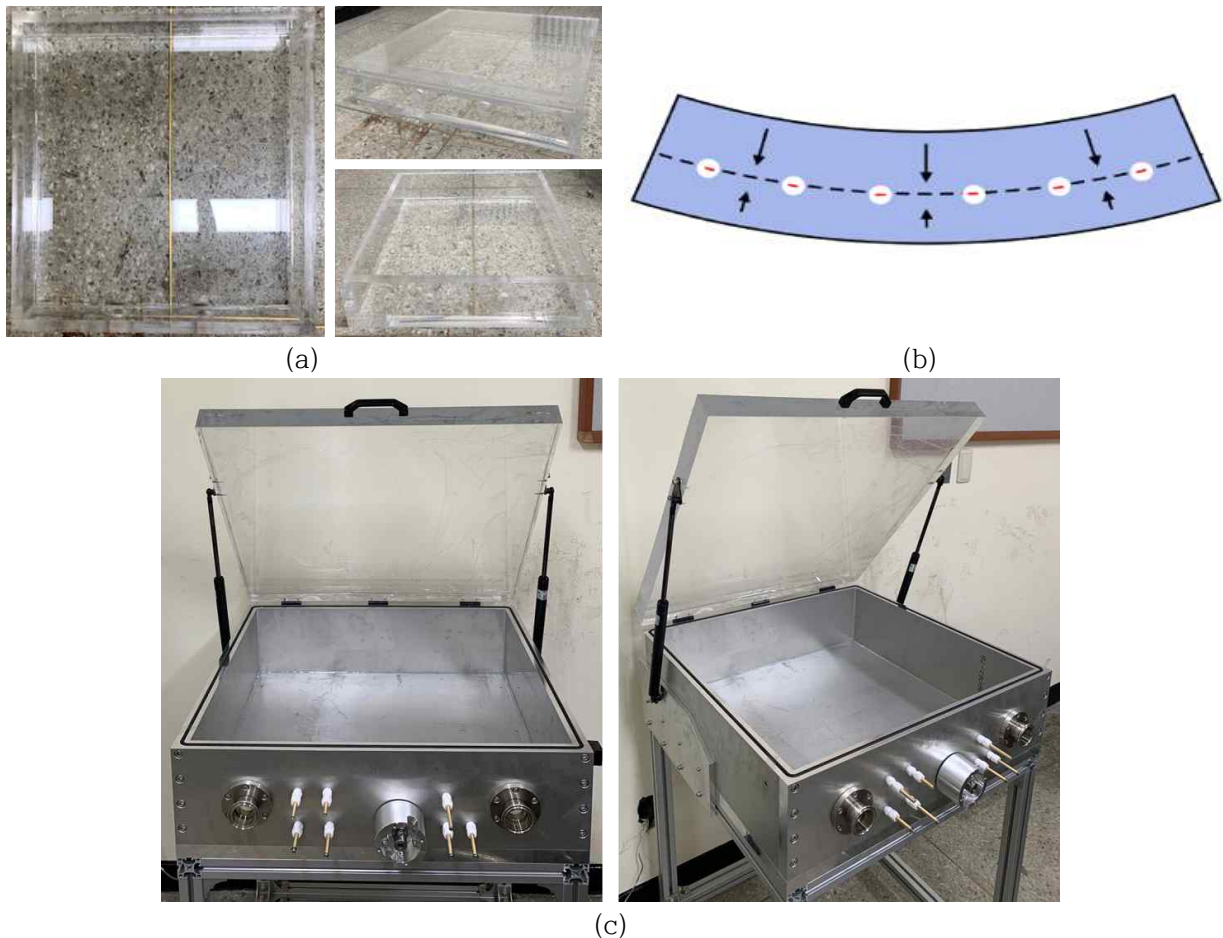


그림 1-1. (a) 기존의 진공 챔버 (b) 챔버의 휨 현상 (c) 수정된 진공 챔버.

###### ○ 피스톤식 진공 생성 장치 개발

- 진공 챔버와 연결하여 챔버 내부의 공기를 순간적으로 흡입하여 챔버 내부를 진공 상태로 만들기 위하여 피스톤식 진공 생성 장치를 개발하였음.
- 자체 제작한 Acrylic 소재의 플러저 펌프와 Aluminum 소재의 원형 피스톤을 부착한 공압

실린더를 결합하여 피스톤식 진공 장치를 제작하였음. 공기압축기(air compressor)를 이용하여 공압 실린더에 압축 공기를 공급하여 왕복 운동을 통해 공기를 흡입 및 배출할 수 있음.

- 실린더의 행정 속도에 따라 챔버 내부로부터 흡입되는 공기의 양이 달라지기 때문에 행정 속도를 조절하여 진공압의 크기를 조절할 수 있음. 실린더에 스피드 컨트롤러를 설치하여 피스톤의 왕복 운동 속도를 조절할 수 있으며, 이를 통해 챔버 내부에  $-20 \sim -30\text{kPa}$ 의 범위에서 원하는 진공압을 생성하였음(그림 1-2(a)).
- 실린더는 솔레노이드 밸브에 의해 제어되며, 진공압 생성 단계에 맞춰 실린더가 동작할 수 있도록 PLC 제어 프로그램을 개발하였음. 그러나 개발된 진공 생성 장치는 상단부와 하단부에 피스톤이 강하게 충격하여 진동이 발생하므로 이후 필요한 압력에 따라 진공 장치의 용량을 필요 압력의 100% 이상으로 제작하여 왕복 운동이 상단부와 하단부에 도달하지 않도록 설계가 변경되어야 하였음(그림 1-2(b)).

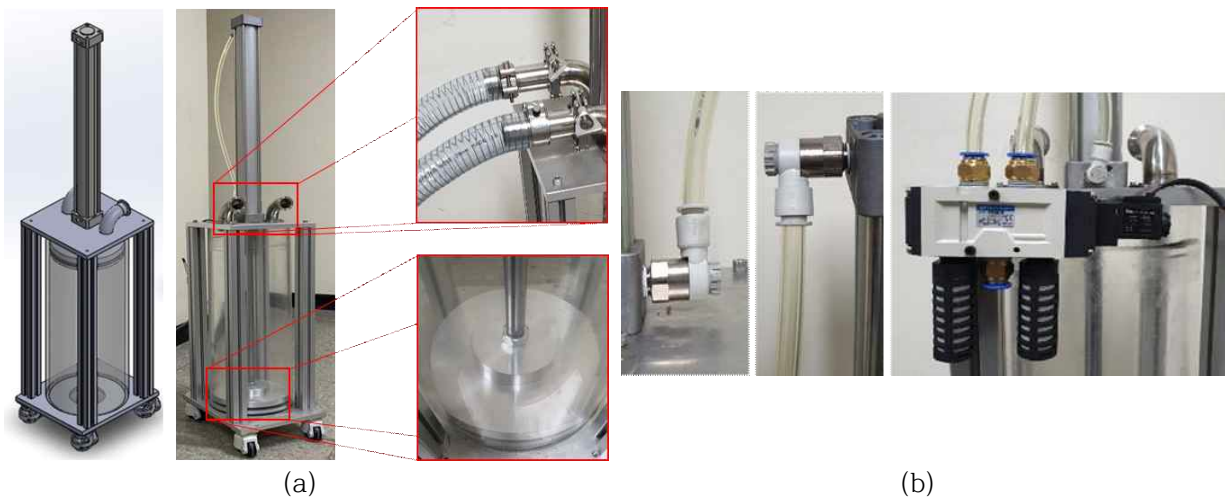


그림 1-2. (a) 피스톤식 진공 생성 장치 (b) 스피드 컨트롤러 및 솔레노이드 밸브.

## 2) 미세 파각란 확인을 위한 최적 진공 압력 변화 구명

### ○ 미세 파각란 확인을 위한 단계별 진공 압력 변화 계측

- 미세 파각란 선별을 위하여 정상 계란의 파손이 일어나지 않고 미세 파각란 균열의 팽창을 발생할 수 있는 진공 압력 범위를 측정하였음.
- 진공 챔버의 측면부에 압력센서(AP-44, Keyence, Japan)를 장착하여 진공 압력을 측정하였고 디스플레이 장치를 이용하여 진공 압력을 확인할 수 있음.
- Lawrence 등(2008)은 정상 계란의 껍질은  $-254\text{mmHg}$ (약  $-34\text{kPa}$ )의 반복되는 진공 압력을 견딜 수 있으며, 대기압 상태에서 균열이 있는 계란에 대하여  $-200\text{mmHg}$ (약  $-30\text{kPa}$ )에서 균열의 팽창 확인이 가능하다고 보고하였음. 대기압 상태와 음압 상태(순간 진공 상태)에서의 미세 파각란 영상을 각각 추출하여 두 이미지를 조합할 경우 달걀 껍질의 균열을 정확하게 감지할 수 있다고 보고하였음.
- 선행 연구의 경우 백색란은 사용하였지만, 본 연구에서는 국내에서 주로 유통되고 있는 갈색란을 실험 시료로 사용하였음. 갈색란의 두께는 백색란보다 약  $0.2\text{mm}$  두꺼운  $0.6\text{mm}$  정도로  $-20\text{kPa}$  이상에서는 균열 팽창을 추출된 영상으로 선명한 파각을 확인하기 어려웠으며,  $-30\text{kPa}$  이하의 경우 계란의 파손이 일어나는 경우가 발생하였음(그림 1-3).
- 미세 파각란의 완전 파각에 큰 영향을 미치지 않으면서 균열의 팽창을 발생시키기 위해서는  $-25 \sim -27\text{kPa}$  사이의 음압을 이용하는 것이 효과적으로 판단됨.



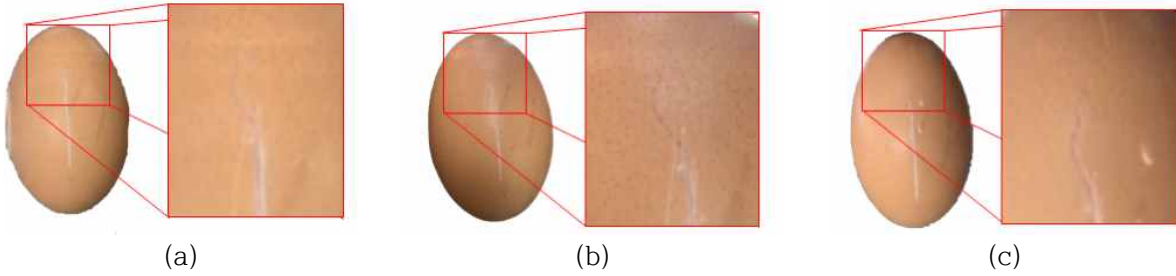


그림 1-3. 압력에 따른 균열 팽창 비교 (a) -20kPa, (b) -25kPa, (c) -30kPa.

### ○ 계란의 개수에 따른 챔버 내 진공 압력 변화 계측

- 공기압축기에서 같은 압력의 공기를 공급하였을 때, 진공 챔버 내 계란의 개수에 따른 진공 압력의 차이를 비교하였음(그림 1-4).
- 800kPa의 압축 공기를 공급하였을 때 빈 진공 챔버의 압력은 약 -25kPa로 측정되었음.
- 계란의 개수에 따른 진공 압력은 그림 11과 같이 나타났으며, 계란의 개수는 진공 압력에 대해 큰 영향이 없는 것으로 확인됨. 향후 계란의 개수는 유동적으로 변동 가능할 것으로 판단됨.

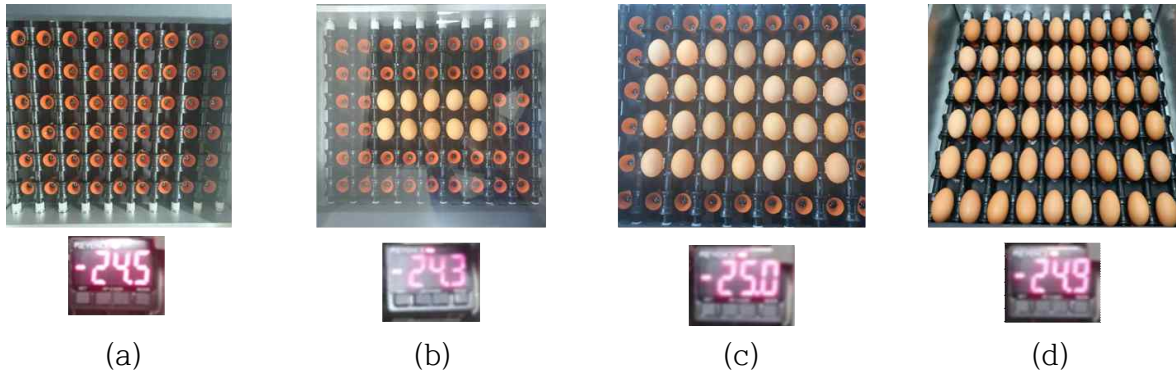


그림 1-4. 계란 개수에 따른 압력 비교 (a) 0개 (b) 10개 (c) 28개 (d) 54개.

## 나. 미세 파각란 검출 실험 영상장치 구축

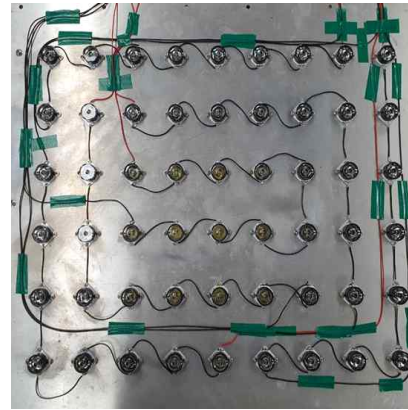
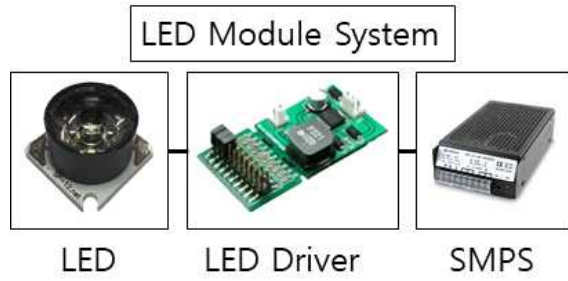
### 1) 미세 파각란 검출을 위한 실험용 영상처리 장치 구축

#### ○ 미세 파각 이미지 추출을 위한 광원 장치 구축

- 광원 장치의 LED 모듈은 백색 LED 모듈(SinkPAD-II, Lumildes, Canada), LED 드라이버 및 Switching Mode Power Supply(SMPS)를 사용하여 제작하였음. LED 드라이버를 사용하여 LED의 빛 강도를 조절할 수 있으며, 각 위치마다 연결된 광원에 대하여 원하는 광도를 설정할 수 있음. 광원 장치 모듈은 각 계란이 배치되는 곳의 하단부에 설치되며, 하단부에서 광원을 조사하여 계란에 투과시켜 최종적으로 광원이 투과된 계란 영상을 획득할 수 있도록 하였음(그림 1-5).
- 중심부의 광원 포화 현상을 최소화하고자 SMPS 및 LED 드라이버를 사용하여 광원 모듈의 위치에 따라 광원 강도를 다르게 조절할 수 있도록 회로를 구성하였으며, LED는 고무 패드를 부착하여 광원이 각 계란에 집중될 수 있도록 개발하였음(그림 1-5(c)).

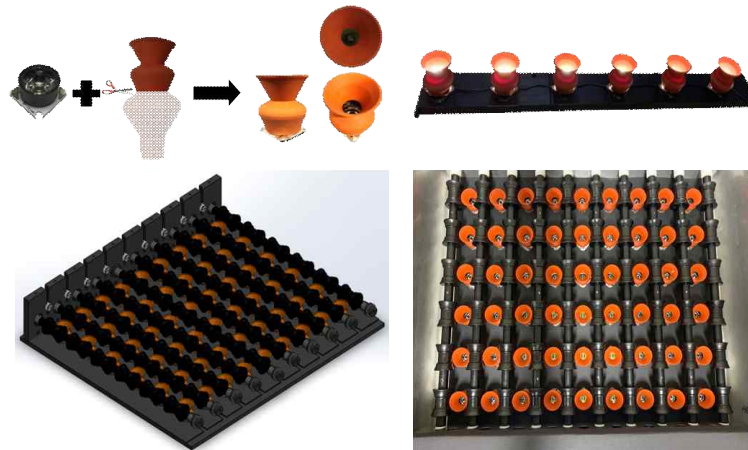
#### ○ 진공 챔버 내 미세 파각란 영상 수집을 위한 카메라 최적 위치 구명

- 계란 영상을 획득하기 위해서 진공 챔버 상단에 CMOS camera(mvBlueFOX3-2, Matrix



(a)

(b)

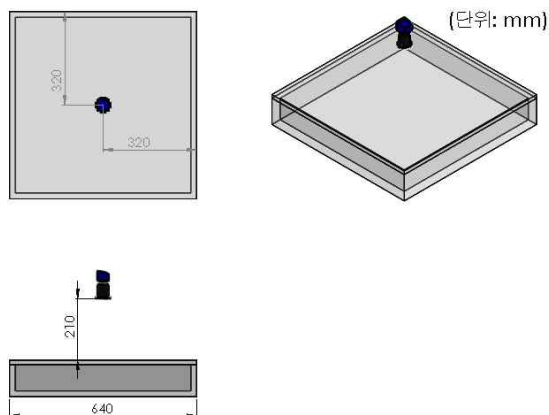


(c)

그림 1-5. (a) LED 모듈 구성 (b) 광원 장치판 (c) 계란 광원 장치.

vision, Germany)를 설치하여 계란의 실시간 영상을 획득하였음. 사용된 카메라는 외부 트리거를 통해 영상 촬영 제어가 가능하기 때문에 PC 및 마이크로 프로세서 유닛과 연결하여 자동 제어하였음.

- 챔버의 상단에서 불필요한 구간을 제외하고 전체 계란에 대한 영상을 획득하기 위하여 카메라의 화각 및 높이에 따른 계란 영상을 분석하였을 때, 진공 챔버의 정중앙 및 진공 챔버 덮개로부터 카메라 렌즈까지의 높이를 21cm로 하였을 때, 계란 전체의 영상이 촬영될 수 있었음. 또한, 설치된 카메라의 높이에 의해 상판의 개폐가 영향을 받아서 카메라를 움직일 수 있도록 개발하였음(그림 1-6).



(a)

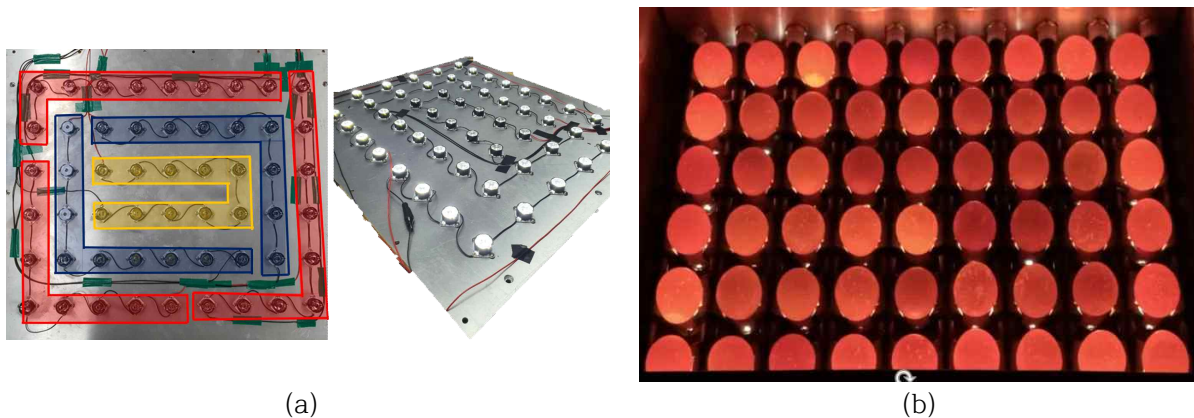
(b)

그림 1-6. (a) 카메라 위치 설계 (b) 카메라 이동 방식 설계.



### ○ 미세 파각란 이미지 추출을 위한 최적 광원 강도 구명

- 고무 패드를 부착한 광원 장치를 통해 빛을 계란에 투과시키면 빛의 세기가 너무 강할 경우 계란의 영상 추출에 왜곡을 미칠 수 있어 적절한 광원의 세기가 요구되었음.
- 계란의 위치별 광원의 세기를 다르게 하였을 때, 미세 파각란 이미지 추출에 정확도를 향상시킬 수 있음(Lawrence, 2009).
- 계란의 광원 균형을 위하여 외곽부의 광원과 중앙부의 광원의 강도를 다르게 설정하였음. 외곽부의 광원을 약 전압 3.2V, 전류 700mA로 설정하였으며, 이후 각 부별 0.2V, 150mA씩 낮은 입력을 설정하였음. 중앙의 광원은 약 2.8V, 400mA로 측정되었고 계란에 광원을 투과시켰을 때, 밝기가 거의 일정하게 되었음을 확인하였음(그림 1-7).



(a) 광원 장치 제어 설계 (b) 광원이 투과된 계란.

## 2) 계란 표면 영상획득을 위한 회전 장치 구축

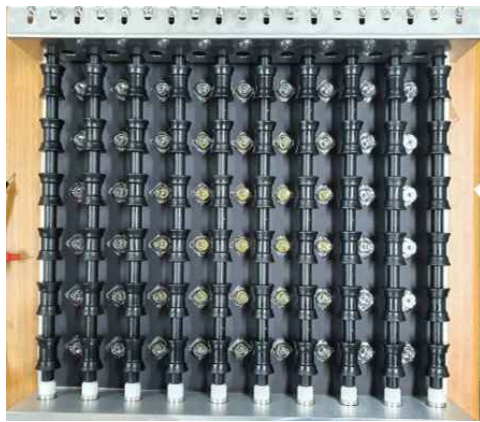
### ○ 계란 이송용 롤러를 이용한 계란 회전 장치 개발 및 제작

- 진공 챔버에 배치된 계란들을 검사하기 위해서는 상단에 설치된 카메라로 영상획득 과정이 요구됨. 그러나 상단에서는 계란 전체의 표면에 대한 영상을 획득할 수 없기 때문에 계란 표면의 방향은 최소 2번 이상 변경되어야 함. 따라서 진공 챔버 내부에 계란을 회전시키는 롤러를 설치하였음. 롤러는 국내 상용화된 계란 이송용 롤러를 사용하였음(그림 1-8(a)).
- 계란 이송용 롤러의 회전 발생을 위해 이송용 롤러의 양단에 베어링을 연결하였고 양단에 롤러 설치할 수 있도록 알루미늄 고정판을 가공하였음. 롤러 10개를 타이밍 벨트로 연결 후 광원 장치 위에 설치함. 중간 롤러는 모터 축에 연결할 수 있도록 커플러를 설치하여 스테핑 모터와 결합하였음(그림 1-8(b)).
- 롤러 및 벨트로 연결된 부품의 경우 회전 시 벨트 이탈 현상이 나타나 브라켓을 제작하여 벨트의 이탈 현상을 방지하였으며, 원활한 회전을 위하여 장력 조절용 롤러를 이용하여 벨트의 장력을 조절하였음.
- 스텝 모터 및 모터 드라이버를 제어하기 위하여 Arduino microprocessor를 이용하여 PC를 통한 모터 제어 모듈을 구축하였음(그림 1-8(c)).

## 다. 미세 파각란 검출 진공 실험 장치 개발

### 1) 음압을 이용한 미세 파각란 검출 실험 장치 제작

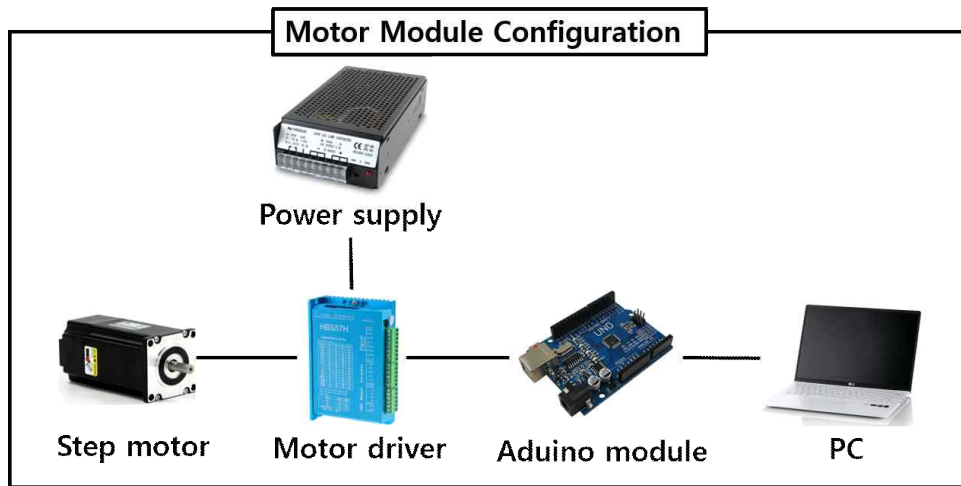
- 실험 장치는 앞서 언급된 장치들을 PC와 연결하여 제어할 수 있도록 개발되었음. 1차 연



(a)



(b)



(c)

그림 1-8. (a) 계란 회전 장치 (b) 계란 회전 장치 구성도 (c) 회전 장치 제어 모듈 구성도.

도에 제작된 실험 장치를 바탕으로 음압 기반 미세 파각란 검출 기술을 개발 및 정립한 후 2차 연도에 고속 판별을 위한 연속식 진공 장치를 개발함(그림 1-9(a)).

- 계란 영상처리는 대기압과 음압 상태에서 계란 영상을 획득 후 영상을 Grayscale로 변환 후 대기압 이미지로 분할하여 비율 이미지를 생성함. 대기압상태에서 획득된 영상을 사용하여 Noise를 제거한 마스크 필터 영상을 생성한 뒤 비율 영상과 결합하여 판별에 사용할 영상을 생성하였음. 최종적으로 판별 영상에서 균열 픽셀이 일정 픽셀 이상을 넘어가면 해당 계란을 미세 파각란으로 판별하는 프로세스를 거치게 됨(그림 1-9(c)).
- 1차 연도에서 계란 영상처리 알고리즘을 개발하였으며, 2차 연도에 영상처리 알고리즘을 바탕으로 미세 파각란 자동 검출 프로그램을 개발함.

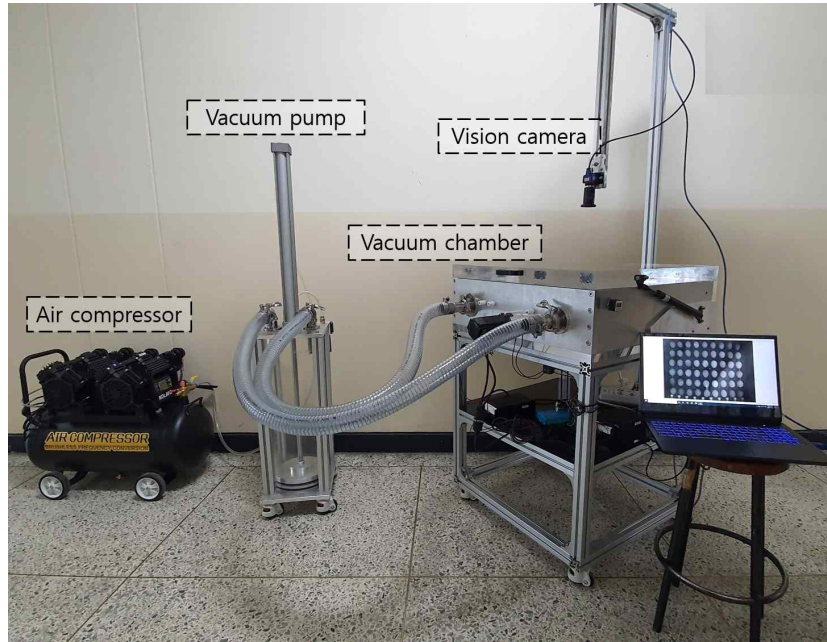
## <2차년도>

### 가. 미세 파각란 고속 판별 장치 개발

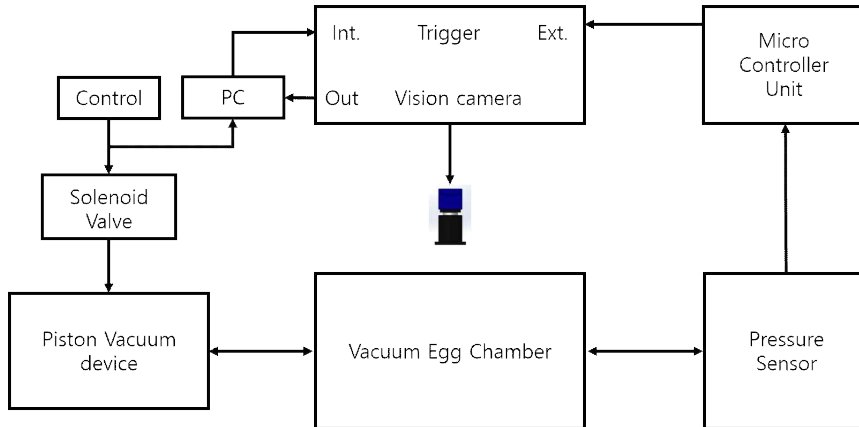
#### 1) 미세 파각란 판별 장치 내외부 구조 설계

##### ○ 선별 자동화 및 처리시간 단축을 위한 반연속식 구조 설계

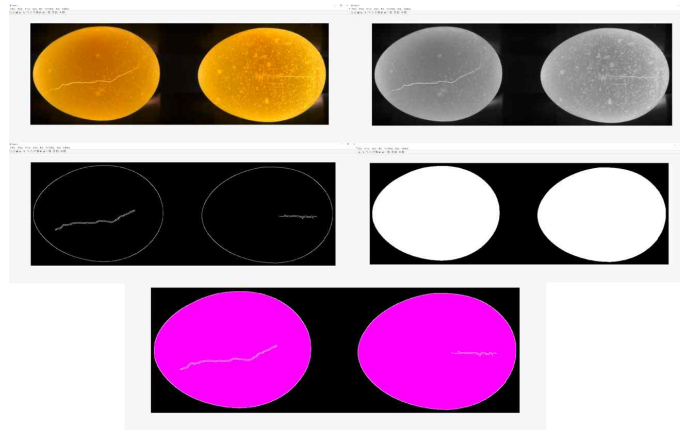
- 1차 연도에서 개발된 음압 방식 미세 파각란 검출 장치는 1대의 검사 장비로 구성되어 계란 투입-검사-계란 배출 과정에서 상당한 시간이 소요되었음. 2차 연도에서는 검사 시간 단축을 위해 장치를 2대로 확장하여 작업 효율성을 증대시켰음.
- 반연속식 미세 파각란 검출 장치는 1대의 카메라와 2대의 음압 챔버로 구성되어 계란 투입 및 배출 공정과 검사 공정을 양측의 챔버에서 각각 수행하여 선별 공정이 번갈아 가면



(a)



(b)



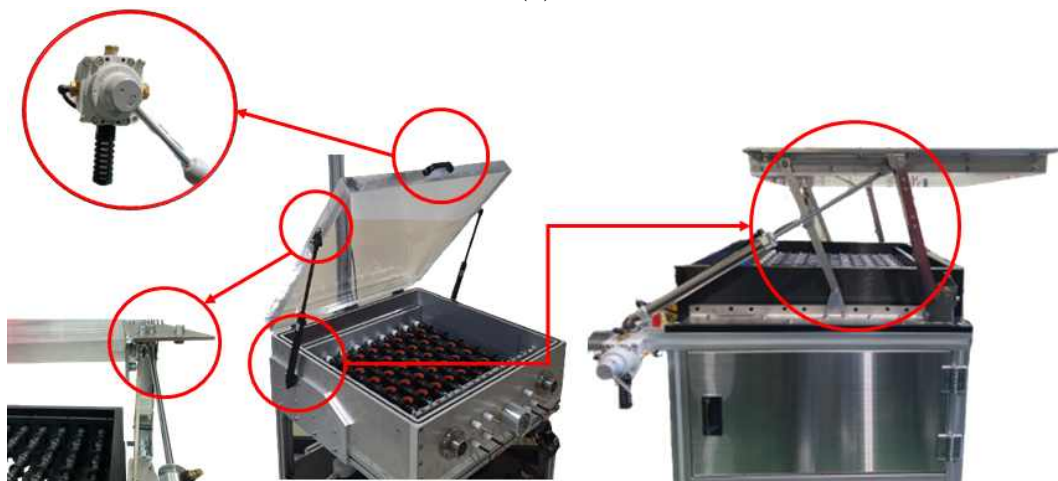
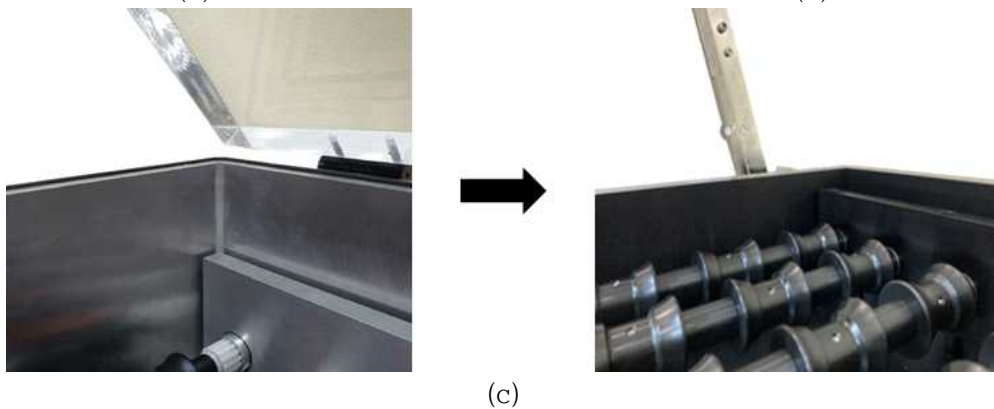
(c)

그림 1-9. (a) 음압 기반 미세 파각란 실험 장치 구성 (b) 실험 장치 연결도 (c) 계란 영상처리 결과.

서 진행될 수 있음. 챔버의 개폐는 각각 좌우로 이루어지기 때문에 장치의 측면에서 계란을 투입 및 배출하기 용이함(그림 2-1(a), (b)).

- 1차 연도 미세 파각란 판별 장치의 챔버는 알루미늄으로 제작되었으며, 알루미늄 소재의 특성상 광원 장치에 의한 빛이 반사되는 현상이 발생하였으며, 이는 계란 영상에서 노이즈가 높아지는 원인이 되었음. 따라서 음압 챔버의 벽면을 무광 처리하여 빛 반사를 최소화하였음(그림 2-1(c)).

- LED 모듈 크기 및 롤러의 두께 등이 고려된 최적 설계가 이루어지지 않았기 때문에 불필요한 공간이 존재하였음. 챔버 내부의 공간이 커질수록 최적 진공 압력 도달 시간이 지연되며, 정확한 이미지 촬영 순간의 계산이 어려워짐. 또한 LED 모듈, 롤러와 계란의 높이 등을 계산하여 불필요한 부분을 최소화함으로써 최적 진공 압력 도달 시간을 감소시켰음.
- 기존 미세 파각란 판별 장치의 덮개는 사용자가 직접 손잡이를 이용하여 열고 닫아야 하며, 피스톤식 진공 생성 장치를 이용한 순간적인 챔버 내부 압력 변화 시 챔버 덮개가 들리는 문제점이 있음. 이를 방지하기 위해 덮개를 더 무겁게 제작하였으나 압력변화에 의한 들썩임 방지에는 한계가 있음.
- 수정된 챔버의 덮개는 진공 생성 시 휘는 현상을 방지하기 위해 5cm 두께의 아크릴로 제작되었으며, 들썩임 방지를 위해 아크릴 덮개 측면에 고정대를 추가 설치하였음. 또한 공기압을 이용함으로써 레버 조작으로 덮개를 개폐할 수 있도록 설계하였음. 공기압을 이용한 개폐 방식은 아크릴 덮개에 설치된 고정대와 더불어 챔버 내부의 압력변화 시 덮개가 들썩이지 않도록 고정해주는 역할을 하였음(그림 2-1(d)).





(d)

그림 2-1. 반연속식 미세 파각란 검출 장치 (a) 설계도 (b) 완성도 (c) 챔버 내부 벽면 무광 처리 및 챔버 용량 변경 (d) 챔버 개폐 방식 변경.

## 2) 판별 장치 진공 생성시스템 개발

### ○ 피스톤식 진공 생성 장치 개선

- 피스톤식 진공 생성 장치는 공기압축기(air compressor)를 이용하여 공압 실린더에 압축 공기를 공급하여 발생하는 왕복 운동을 이용함. 1차 연도 미세 파각란 판별 장치는 자체 제작한 아크릴 소재의 플런저 펌프와 알루미늄 소재의 원형 피스톤을 부착한 공압 실린더를 결합하여 피스톤식 진공 장치를 제작하여 사용하였음.
- 하지만 피스톤의 행정이 100% 이루어질 경우 상단부와 하단부에 피스톤이 강하게 충격하여 진동이 발생하였으며, 충격에 의해 진공 생성 장치가 이동하게 되는 현상이 발생하였음. 충격과 진동을 제거하기 위하여 공압 실린더에 스피드 컨트롤러를 장착하여 피스톤 행정 속도를 조절하였음. 하지만 스피드 컨트롤러에 의해 감소한 피스톤 행정 속도는 챔버 내부의 최적 진공 압력 도달 시간이 지연되었음.
- 수정된 피스톤식 진공 생성 장치는 아크릴 플런저 펌프의 직경을 넓히고 실린더의 행정 길이를 짧게 제작함으로써 최적 진공 압력 도달 시간을 감소시켰음. 피스톤식 진공 생성 장치는 피스톤의 행정이 상하 방향이 아닌 좌우 방향으로 운동하도록 설계되었으며, 지지대 프레임에 고하중 높낮이 조절 캐스터를 부착하여 피스톤의 좌우 방향 행정 운동에 의한 움직임을 방지하였음(그림 2-2).
- 1차 연도 실험을 통해 선정된 최적 진공(약 -30kPa) 생성에 필요한 진공 장치의 용량을 계산하였으며, 아크릴 원통을 계산된 용량 이상으로 제작하여 피스톤 왕복 운동 시 상단부와 하단부에 충격을 가하지 않도록 하였음.

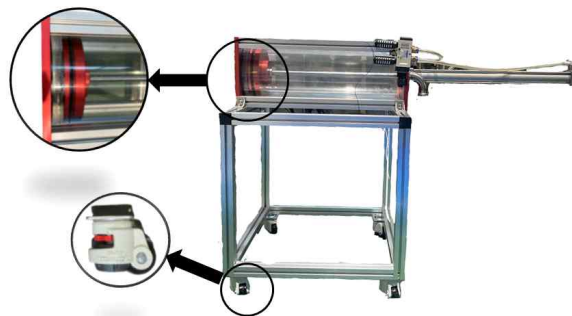


그림 2-2. 양방향 진공 펌프.

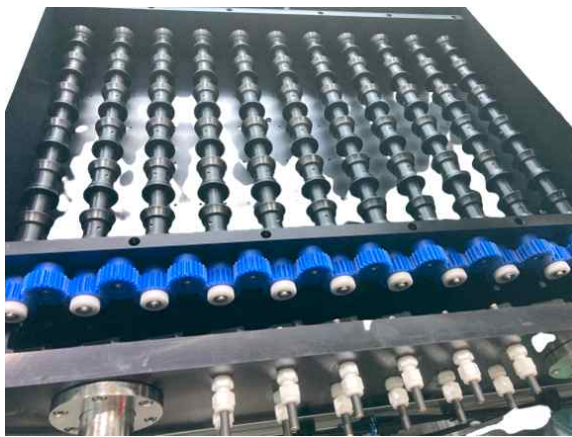
## 3) 계란 영상장치 및 계란 회전 시스템 개발

### ○ 계란 회전 시스템 개선

- 계란 회전 장치에 사용한 기존의 계란 이송용 롤러는 양측에 소형의 기어로 제작되어 있으며, 타이밍 벨트와 연결하여 계란을 회전시켰음. 그러나 플라스틱 기어 및 타이밍 벨트는 모터의 고속 회전으로 인해 벨트 이탈 및 마모 문제가 발생하였음.
- 또한 양단 톱니의 마모 진행에 따라 회전 시 비틀림(Tilting) 현상이 발생하였음. 비틀림 현상은 계란 회전각도 및 회전수의 차이를 유발하여 미세 파각란 검출 정확도에 영향을 주었음.
- 따라서 비틀림 현상과 롤러 톱니의 마모를 방지하고자 반연속식 미세 파각란 판별 장치의 회전부는 기어 방식으로 설계 및 제작하였음. 롤러와 기어는 플라스틱 소재로 제작하였고, 타이밍 벨트를 사용하지 않고, 기어끼리 맞물려 사용할 수 있음. 개발된 롤러는 방향 전환 및 빠른 회전이 용이하여 투입된 계란에 대하여 일정한 회전 각도 및 속도를 유지할 수 있었음

(그림 2-3(a)).

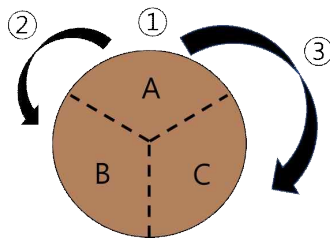
- 타이밍 벨트 이용 시 모든 롤러에 대해 동일한 힘을 주기 위해 2대의 챔버 중간에 회전축을 설치하고 모터를 부착하였음. 하지만 기어 방식은 회전축의 위치와 무관하게 모든 롤러에 동일한 힘의 전달이 가능하므로 2개의 챔버를 사용하는 반연속식 미세 파각란 판별 장치에는 그림 8에서와 같이 챔버의 양 끝단에 회전축 및 모터를 설치함으로써 효율적인 공간사용이 가능하도록 설계 및 제작하였음(그림 2-3(b)).
- 모터의 회전 메커니즘은 기존 방식과 동일하게 계란을 1/3 바퀴 회전시킬 수 있도록 기어의 회전을 계산하여 계란 전체 표면 영상이 획득할 수 있도록 하였음. 또한, 계란을 회전시킬 때, 같은 방향으로 회전할 경우 롤러와 계란 사이에 밀림 현상으로 인해 정확하게 1/3씩 회전하기 어려웠으며, 이를 개선하여 1. 좌측 1/3바퀴, 2. 우측 2/3바퀴를 회전시켜 계란을 촬영하였음(그림 2-3(c)).



(a)



(b)



(c)

그림 2-3. (a) 기어 방식의 계란 회전 장치 (b) 계란 회전 장치의 모터 위치 (c) 계란 회전 및 촬영 방법.

### ○ 계란 영상장치 개선

- 기존 장치(1차 연도)의 경우 상단 카메라의 위치가 챔버 상판의 개폐에 제약을 줄 수 있어 롤러를 설치하였으나 견고함이 부족하여 이미지 촬영 시 노이즈 발생의 원인이 되었음. 반연속식 구조 미세 파각란 판별 장치는 2대의 챔버의 영상구역을 1대의 카메라가 이동하면서 확보할 수 있도록 에어 실린더를 부착하여 1대의 CCD 카메라로 2개의 챔버를 왕복하며 이미지를 촬영하도록 구상하였음(그림 2-4).

## 나. 실시간 미세 파각란 영상 검출 알고리즘 개발

### 1) 영상처리 장치 제어 및 미세 파각란 검출 영상획득을 위한 프로그램 개발

#### ○ 미세 파각란 판별 장치 제어 프로세스 구축





그림 2-4. 이동식 계란 영상장치.

- 미세 파각란 판별 장치는 피스톤식 진공 생성 장치, 계란 회전 장치, 계란 영상 장치 및 광원 장치로 구성되며, 미세 파각란 검출 과정의 자동화를 위해 장치의 통합 제어가 요구됨. 따라서 계란 검출 알고리즘이 탑재된 통합 제어 소프트웨어를 개발해야 함.
- 각 장치의 소프트웨어는 Arduino, Wxpropview, Matlab software로 구성되어 있음. Arduino는 진공 생성 장치 및 모터와 같은 기계적인 장치들의 제어에 사용되었으며, Wxpropview를 통해 CCD 카메라 제어하였고 Matlab software를 이용하여 Wxpropview 소프트웨어에서 얻어진 영상을 처리하였음(그림 2-5).

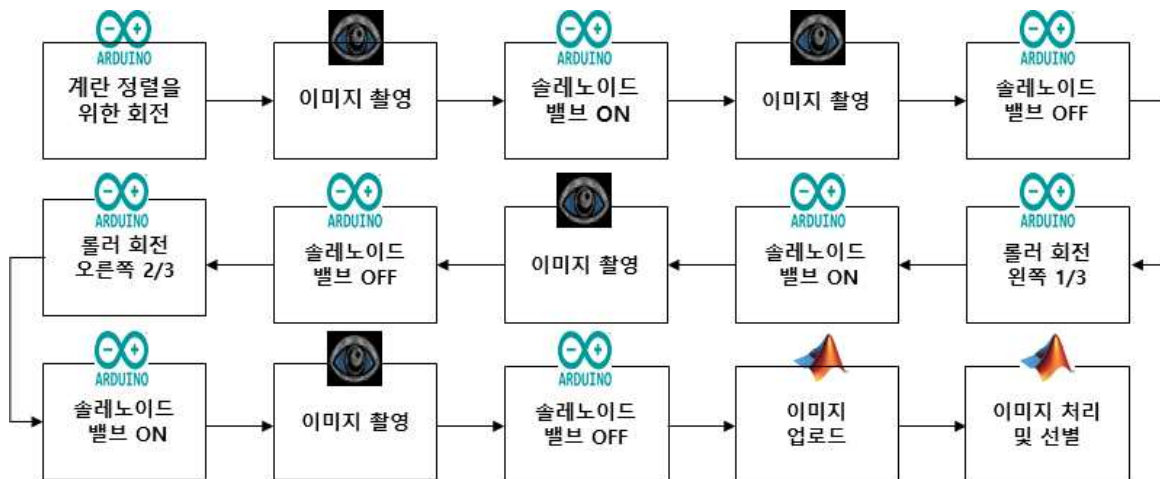


그림 2-5. 미세 파각란 판별 프로세스별 소프트웨어.

### ○ 미세 파각란 판별 장치 제어 소프트웨어 개발

- Matlab software가 Arduino는 연동할 수 있지만 Matlab software에서 직접 기계적인 장치에 신호를 출력하는 방식에는 제한이 있음. 따라서 미리 Pin 번호에 따라 프로그래밍한 Arduino 보드를 Matlab software에 인식시킴으로써 보드에 입력되어 있던 신호들을 사용하는 방식으로 진행하였음.
- Matlab software를 이용한 영상 촬영 및 처리 과정을 간소화하고자 하였으나 CCD 카메라의 초점 조절과 같은 촬영 설정 등은 wxpropview 소프트웨어를 통해서만 가능함. 하지만 Wxpropview 소프트웨어가 background에서 실행되고 있으면 Arduino 출력 신호를 통하여 촬영 및 자동 저장이 가능하였음. 최종적으로 Matlab software GUI를 기반으로 영상 촬영부터 처리까지의 과정들을 연동하였음(그림 2-6).



그림 2-6. 미세 파각란 검출 장치 제어 소프트웨어.

## 2) 미세 파각란 검출 알고리즘 개발

### ○ 계란의 균열 검출 방법

- Matlab 소프트웨어는 회색조 영상에서 경계를 찾는 함수가 내장되어 있어 계란 표면의 실금을 검출하는데 용이함. 일반적인 미세 파각란은 균열을 식별하기 어렵지만, 음압으로 계란의 균열을 팽창시켰을 때의 영상은 육안 및 카메라로 상대적으로 쉽게 식별할 수 있게 됨. 음압 공정을 거친 후 영상을 획득하여 Matlab 소프트웨어를 사용하여 계란 표면의 균열(경계)을 찾는 알고리즘을 개발하였음(그림 2-7).
- 알고리즘의 기본은 계란 외 배경 제거 - 노이즈 제거 - 계란 표면의 미세한 노이즈 제거 - 계란 표면의 경계 검출 - 균열 식별 - 미세 파각란 검사 및 식별로 구성되며, 영상을 입력하면 알고리즘이 수행되는 Matlab GUI를 개발하였음.
- 영상에서 계란 외 물체를 제거해야 경계를 검출할 때, 계란 표면의 테두리 및 균열만 검출하기 용이함. 배경으로 인한 노이즈를 사전에 제거해야 균열 검출 정확도를 향상하게 시킬 수 있었음. 또한, 계란 영상의 해상도가 높을수록 균열이 더욱 정확하게 보였기 때문에 영상처리에서도 균열 경계가 확실하게 검출되는 것을 확인하였음.
- 또한, 계란의 표면에 균열 혹은 경계 외에 다른 물질이 있을 수도 있으며, 이때, 이물질과 균열을 구분할 수 있는 임계값이 필요함. 임계값과 검출된 픽셀에 대하여 임계값보다 큰 값은 균열로 구분하였음.



(a)



(b)



(c)

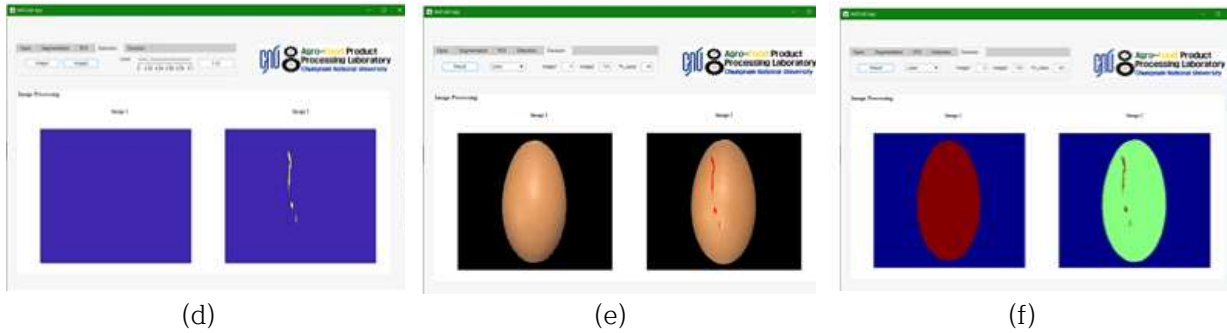


그림 2-7. 미세 파각란 검출 장치 제어 소프트웨어.

- 계란 균열 검출 방법으로 암실에서 광원이 투과된 계란에 대하여 팽창된 균열을 검출하였을 때, 계란의 테두리 근처에서 조사되는 빛에 의한 간섭 노이즈가 발생하였음. 또한, 계란의 기공 및 갈색란의 표면 특성으로 인해 작은 픽셀들의 집합이 계란의 원형을 획득하는 데 방해되는 요인으로 작용하였음. 이에 따라 균열과 유사한 픽셀이 검출되어 균열을 오검출하는 경우도 발생하였음(그림 2-8).
- 따라서, 균열 외 노이즈를 최대한 제거하는 방법이 필요하였음. 이 방법으로는 경계값 검출 방법 및 임계값을 수정하거나 영상처리 알고리즘을 변경하여 계란의 영상을 정확하게 획득하여 틸트 빛을 제거해야 함.

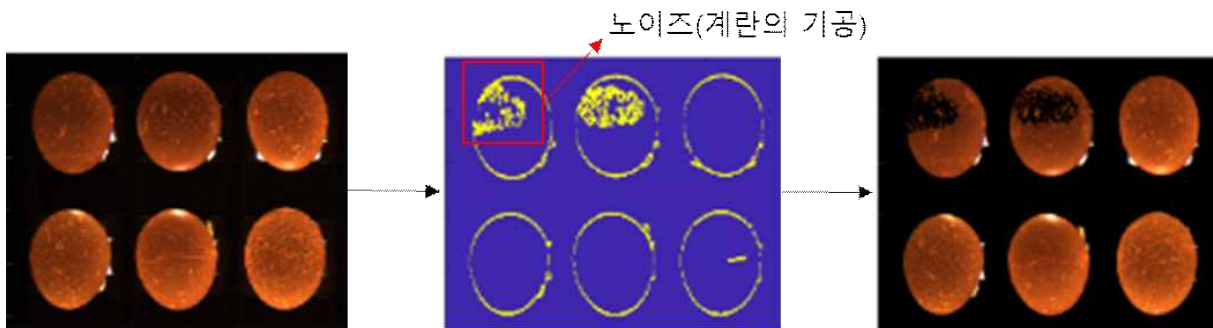


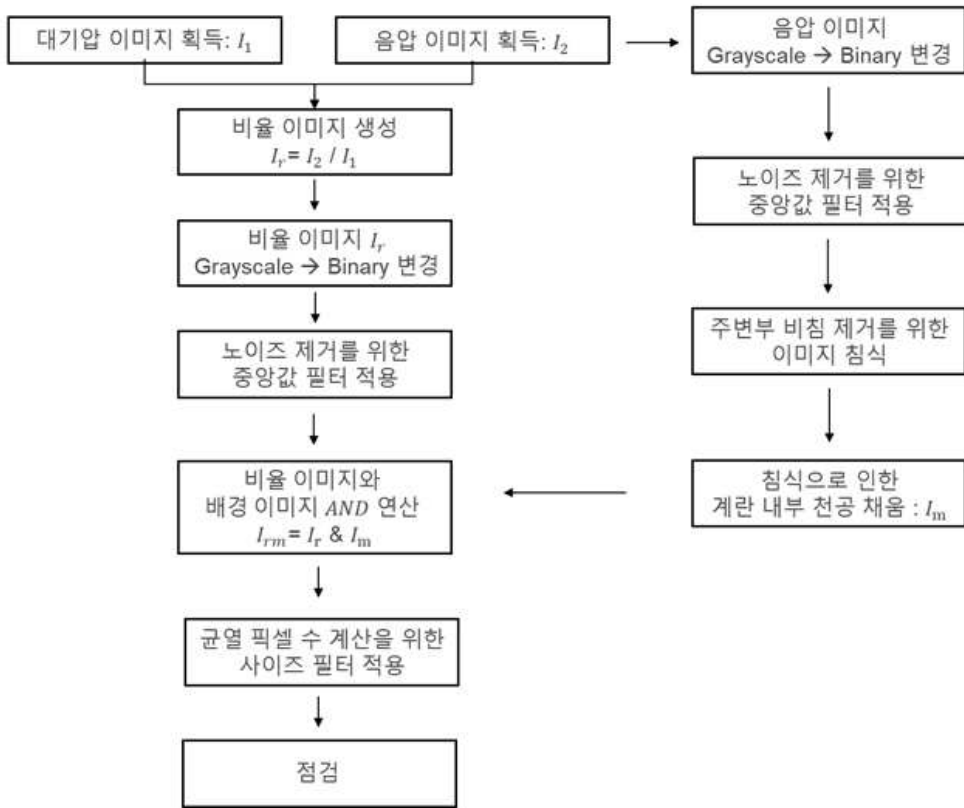
그림 2-8. 광원이 투과된 계란 영상처리 결과.

#### ○ 미세 파각란 검출 알고리즘 개발

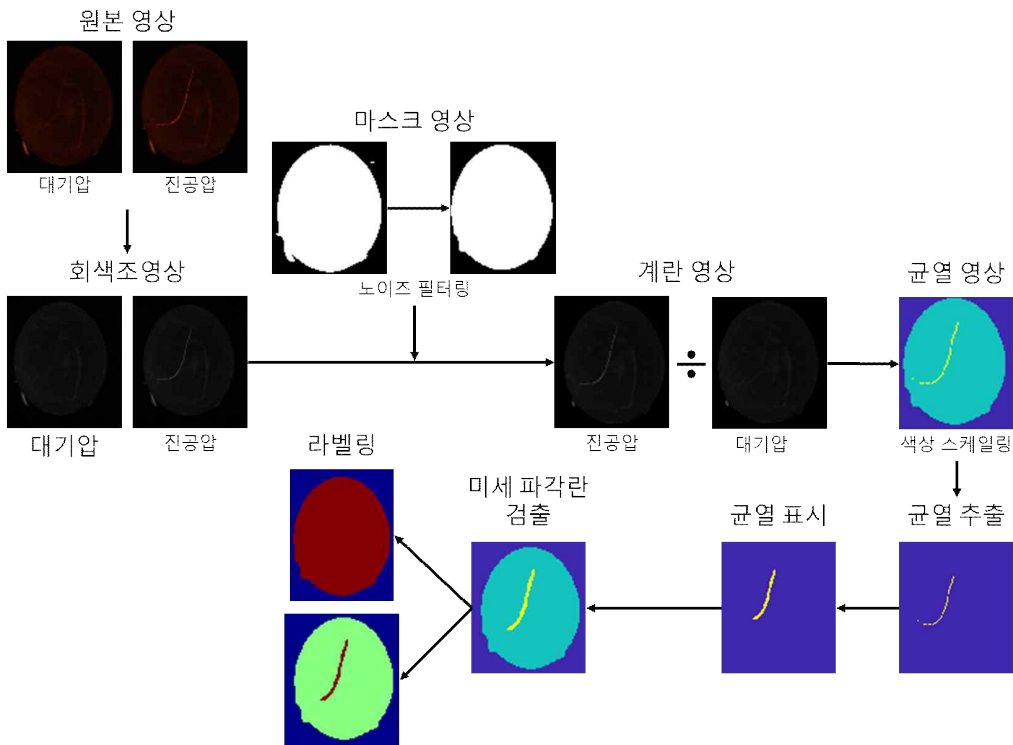
- 2차 연도에 최종적으로 개발한 알고리즘은 대기압 이미지와 음압 이미지를 합성 및 연산하는 것이 핵심이며, 계란 외 배경을 최대한 제거하기 위하여 영상 침식 및 중앙값 필터링을 사용하였음(그림 2-9(a)).
- 대기압 및 음압 계란 영상은 회색조 이미지로 변경하여 연산 되고, 배경을 제거한 계란 마스크 영상을 만들어서 계란의 형태만 확보한 후 계란 내에서 기공 등과 같은 매우 작은 점들을 제거하였음. 이후 일정 크기 이상의 픽셀을 연결하여 균열 픽셀로 검출하여 최종적으로 균열이 있는 계란을 선별할 수 있음(그림 2-9(b)).
- 현재 GUI는 알고리즘이 탑재되어 임계값 수정 및 영상처리 결과 확인이 가능하지만 영상 선택 및 알고리즘 단계 진행이 수동으로 수행되어야 하기 때문에 최종적으로 자동화된 소프트웨어를 개발하였음(그림 2-9(c)).

#### ○ 미세 파각란 검출 자동 검출 프로그램 개발

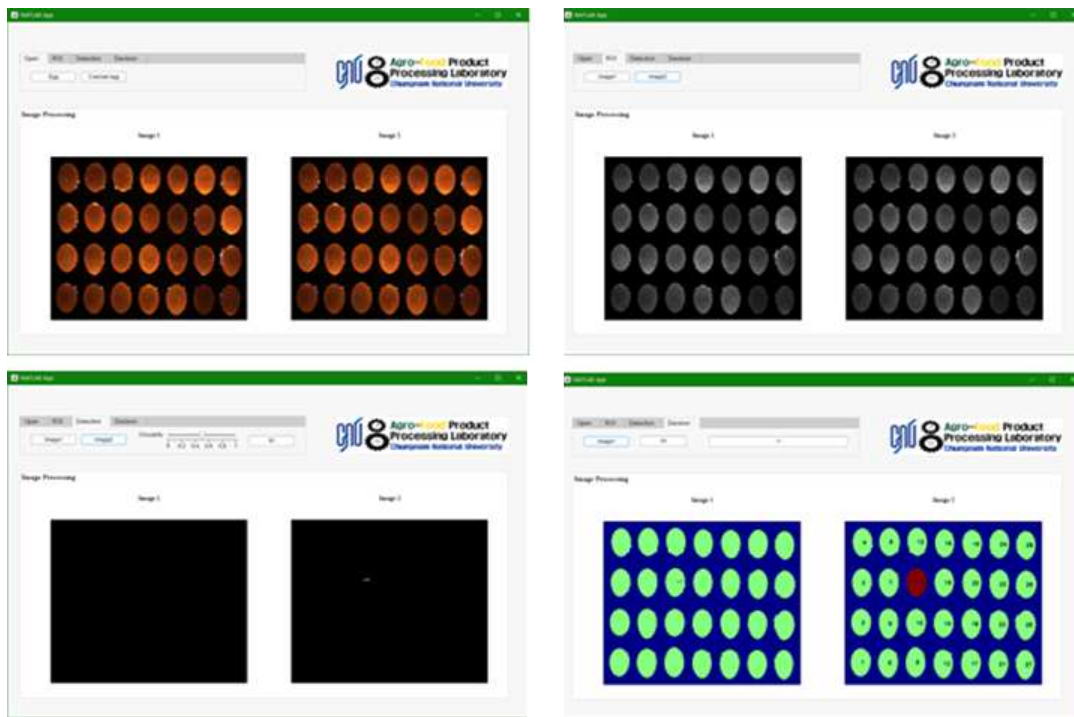
- 음압 공정이 수행될 때 카메라로부터 획득한 대기압 영상 및 음압 영상이 저장되면 자동으로 미세 파각란 검출 알고리즘을 수행하여 최종적으로 균열이 있는 계란을 식별할 수 있는 프로그램을 개발하였음(그림 2-10(a)).
- 음압 장치들과 연동되어 자동으로 수행하여 계란을 검사할 수 있으며, 사용자가 수동으로 임



(a)

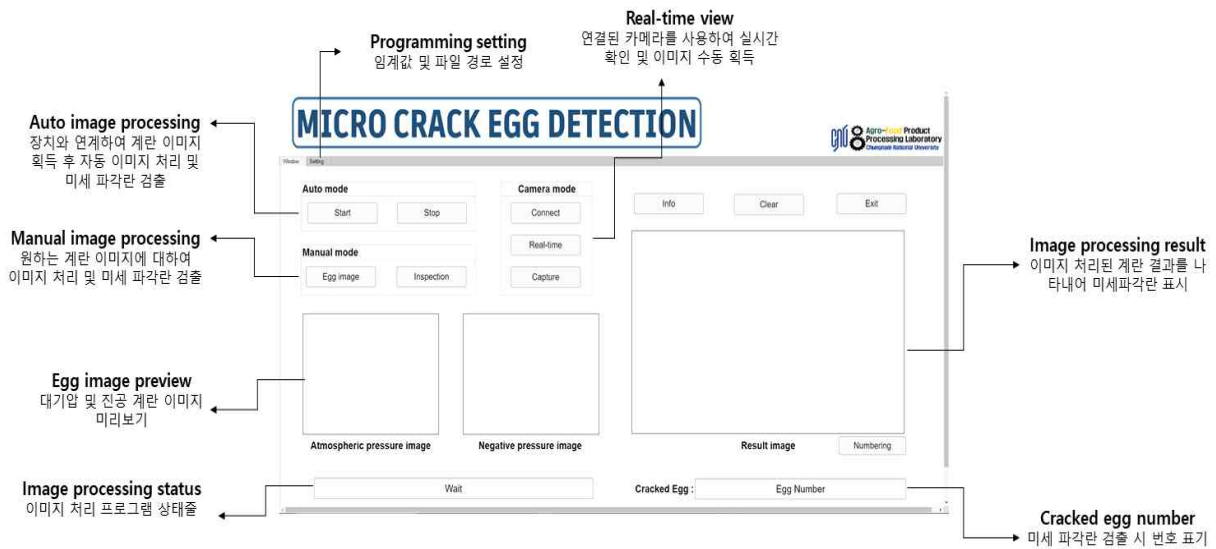


(b)



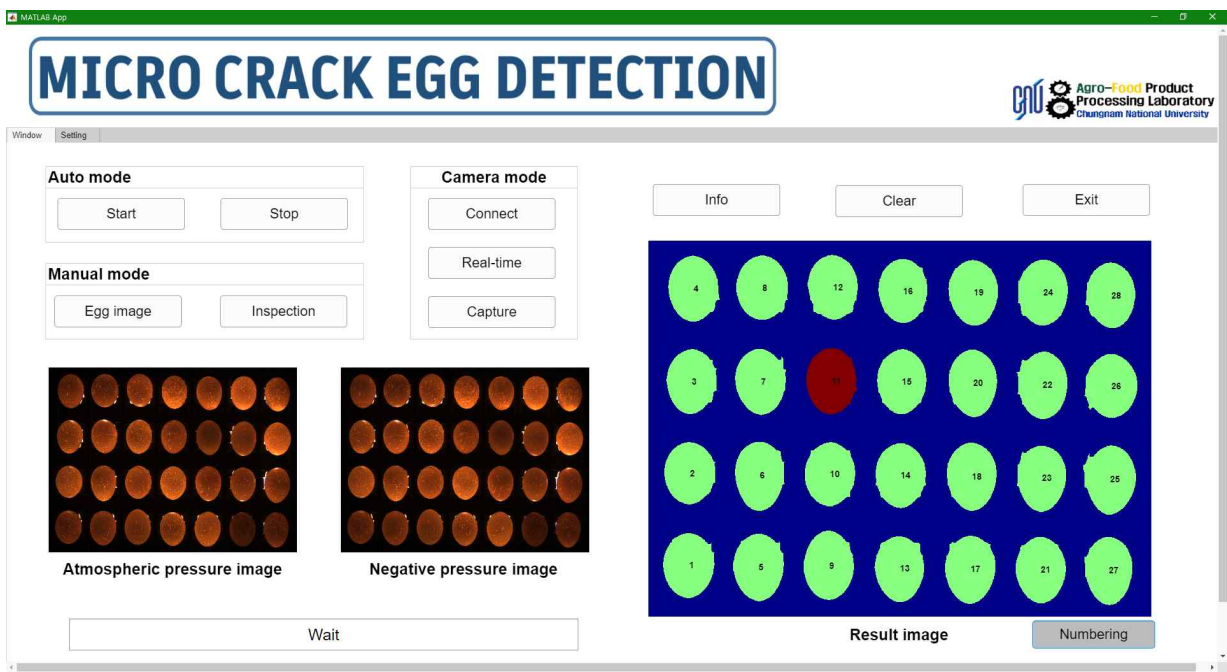
(c)

그림 2-9. (a) 계란 영상처리 알고리즘 (b) 영상처리 결과 (c) 영상처리 프로그램. 의 영상을 삽입하여 비교하여 계란의 균열을 검사할 수 있음. 또한, 카메라를 통해 실시간 으로 계란의 상태 및 공정 단계를 확인할 수 있음(그림 2-10(b)).



(a)





(b)

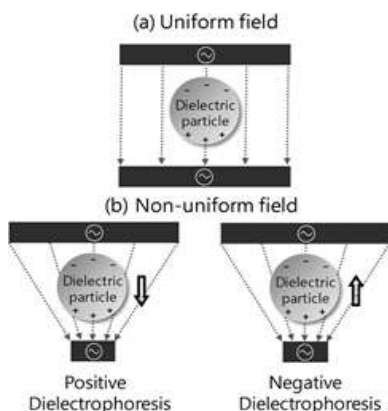
그림 2-10. 광원이 투과된 계란 영상 처리 결과.

## 다. 전기장을 이용한 미세 파각란 검출 방법 개발 (연구개발내용 외 추가 진행 상황)

### 1) 유전 영동법을 이용한 미세 파각란 검출 기술개발

#### ○ 유전 영동법을 적용한 미세 파각란 검출

- 전기장을 이용해 입자의 움직임을 제어하는 대표적인 방법은 전기영동과 유전 영동이 있음. 전기영동은 전하를 띤 입자에만 적용할 수 있으며, 유전 영동은 전하를 띠지 않은 입자의 움직임도 제어할 수 있음.
- 전하를 띠지 않은 입자는 교류 전기장 내에서 전자의 극화(Polarization)에 의해 쌍극자(Dipole)가 유도됨. 그림 2-11에서 (a)와 같이 전기장의 밀도가 균일한 경우, 입자가 받는 알짜 힘은 0이 되어 특정 방향으로 움직이지 않음. (b)와 같이 전기장 밀도가 불균일할 경우, 입자 및 유도된 쌍극자는 전기장 밀도가 높은 쪽으로 알짜 힘을 받게 됨.
- 양의 유전 영동(Positive dielectrophoresis, p-DEP)은 입자의 극성이 매질의 극성보다 큰 경우에 입자가 상대적으로 조밀한 전기장의 방향으로 이동하는 것을 뜻하며, 음의 유전영동(Negative dielectrophoresis, n-DEP)은 매질의 분극성이 입자보다 큰 경우에 매질이 상대적으로 조밀한 전기장의 방향으로 이동하게 되며, 이에 따라 입자는 밀도가 낮은 전기장의 방향으로 밀려나는 것을 뜻함.



- (a) A particle in a uniform electric field. There is no net movement of the particle.
- (b) Particles in non-uniform electric fields. The particles migration by DEP depending on the electric field density. The left and right images show p-DEP and n-DEP, respectively.



그림 2-11. 전기장 및 전계 밀도에 따른 입자 이동 개념도.

○ 유전 영동법 기반 미세 파각란 검출 기술개발

- 파각란과 정상란을 불균일한 전계 밀도 사이에 놓게 되면 정상란은 전하의 이동이 관측되지 않음. 하지만 파각란의 경우, 껍질의 균열을 따라 전하가 이동하는 것을 발견하였음(그림 2-12(a)).
- 피뢰침 모양의 전극을 이용한 파각란 검출은 계란 껍질의 균열 방향 및 길이에 따라 판별 정확도의 차이가 크게 나타났으며, 전극의 끝부분이 뾰족하여서 정상란에 임의적인 균열을 생성할 가능성이 있음.
- 파각란의 균열은 방향과 길이가 각기 다르므로 균열의 위치 및 길이에 따른 영향을 최소화할 수 있는 검출 장치의 설계가 필요함.
- 유전 영동을 이용한 미세 파각란 검출 장치 설계를 위해 최적의 전극 형태를 선정하였음. 전극은 계란에 임의의 손상을 가하지 않도록 관절 형태로 유연하게 제작되었음. 균열의 길이와 관계없는 정확한 파각란 검출을 위해 상단/하단이 아닌, 좌우로 간격 1cm씩, 총 6개의 전극을 배치하였음. 파각란 검출을 위해 전압을 가하는 동안 롤러를 이용하여 회전시킴으로써 균열 위치 및 방향에 따른 영향을 최소화하였음(그림 2-12(b)).
- 정상란의 경우 계란의 표면에서 방전 현상이 관찰되지 않지만, 파각란의 경우 껍질의 균열이 전극에 닿을 때마다 방전 현상으로 인한 아크가 발생하였음. 또한 파각란 껍질에는 아크로 인한 흔적이 남았으며, 이 흔적은 균열 모양을 완벽하게 나타내었음. 추가 실험을 진행하여 이를 바탕으로 특허를 출원하였음(그림 2-12(c)).

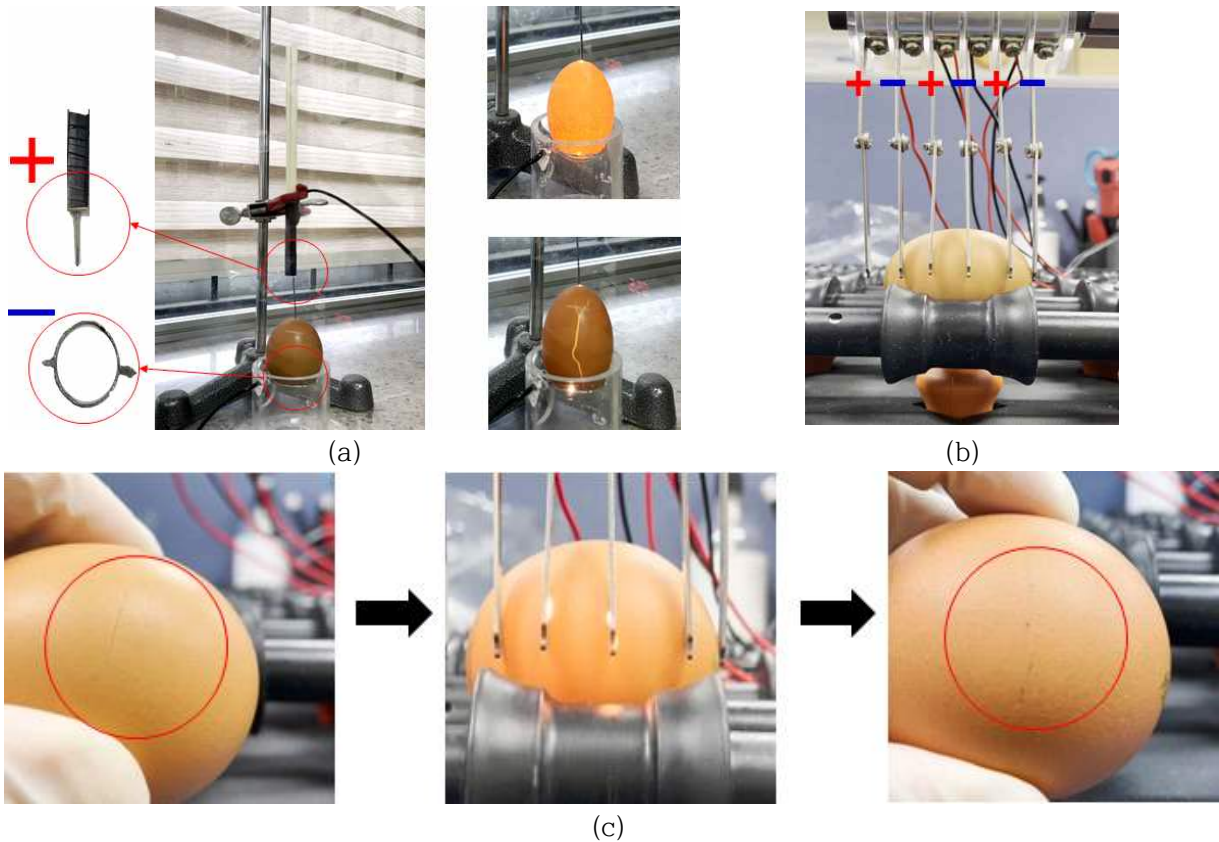


그림 2-12. (a) 유전 영동을 이용한 파각란 검출 (b) 유전 영동법 기반 미세 파각란 검출 장치 프로토타입 (c) 유전 영동법을 이용한 미세 파각란 검출 결과.

### <3차년도>

#### 가. 미세 파각란 고속 판별 장치 제어시스템 개발

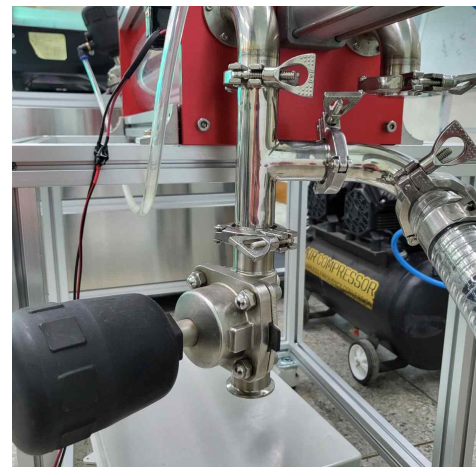
##### 1) 미세 파각란 고속 판별 장치 제어 시스템 개발

###### ○ 진공 생성 장치 제어 모듈 설계 및 개발

- 2차 연도에서 개발된 진공 챔버에 진공을 생성하기 위한 펌프는 바닥면과 수평으로 설치되어 실린더 왕복 운동으로 인한 충격을 최소화하였음. 또한, 진공 펌프의 펌프 방향을 양방향으로 설치하였을 때, 2대의 챔버에 모두 펌프가 연결되어 있어 한 대의 챔버에서 계란 검사 공정을 위하여 진공 펌프가 작동할 경우 유티 상태(계란 투입 및 배출 공정)인 챔버에도 공기가 흡입 및 토출되었음.
- 진공 챔버의 공기 흡입구 주변의 계란은 투입 및 배출 공정 중 진공 펌프의 동작으로 인한 움직임으로 계란 투입 및 배출에 방해가 되었음. 그러므로 진공 펌프의 에어 밸브 구간을 2 way로 설계하여 공기가 원활하게 배출되도록 하였으며, 공기압력 작동 밸브를 설치하여 유티 상태의 챔버로 연결된 밸브는 공기가 토출되도록 개발하였음.
- 진공 펌프에 설치된 솔레노이드 밸브는 아두이노 프로세서와 연결되어 신호를 주고받아 PC에서 자동제어 될 수 있도록 하였음.



(a)



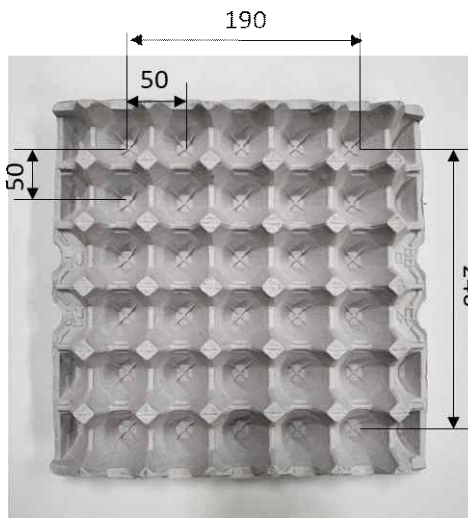
(b)

그림 3-1. (a) 양방향 진공 펌프 (b) 공압 작동 밸브.

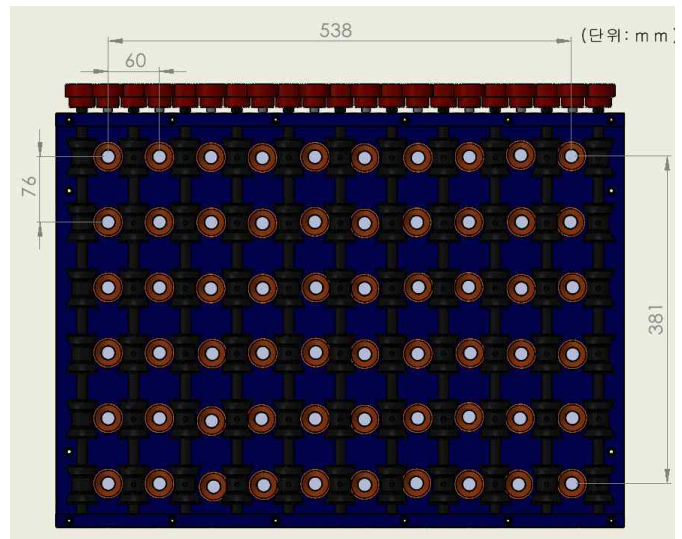
##### 2) 계란 이송 자동화 시스템 제어 장치 설계 및 제작

###### ○ 계란 이송 장치 설계 및 개발

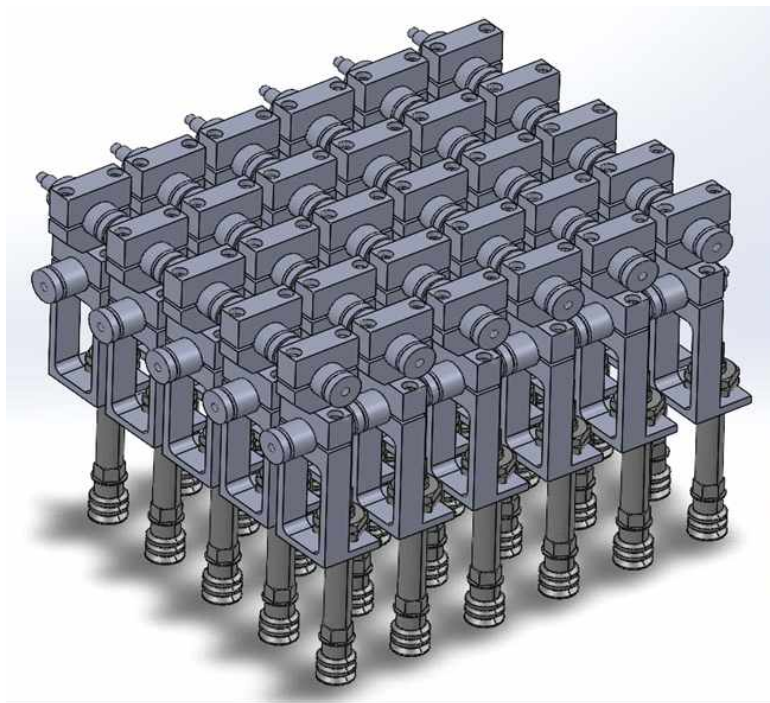
- 진공 챔버에는 계란이 60구씩 투입될 수 있으며, 선별 시간 단축 및 자동화를 위하여 계란 이송 장치가 요구됨. 초기에 계란은 계란 전용판에서 공급될 수 있으며, 계란판에서 계란 회전 장치로 계란이 이송되어야 함. 이때, 계란판과 계란 회전 장치의 간격이 달라서 계란을 투입할 때 계란의 배치 간격을 늘리고, 계란판에서는 세워져 있는 계란을 회전 장치로 이송 및 배치할 때는 계란을 눕힌 상태로 배치되어야 함.
- 계란 이송 장치는 공기압력 방식으로 공기압을 통해 장치를 펼칠 수 있어 x축, y축으로 위치에 따라 길이를 조절할 수 있음. 또한 이송 시 계란을 완벽하게 흡착할 수 있도록 진공 패드를 설치하여 진공 흡착 방식으로 계란을 이송시킬 수 있도록 개발하였음.
- 초기에 계란 회전 장치에 계란이 배치되면 계란이 세워져 있으며, 이것은 계란 회전 장치를 초기에 약 30바퀴 회전시키면 정 배치(누워 있는 방향)될 수 있음.



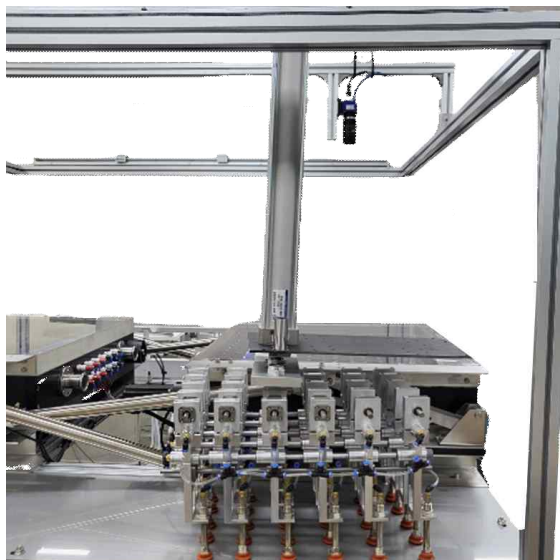
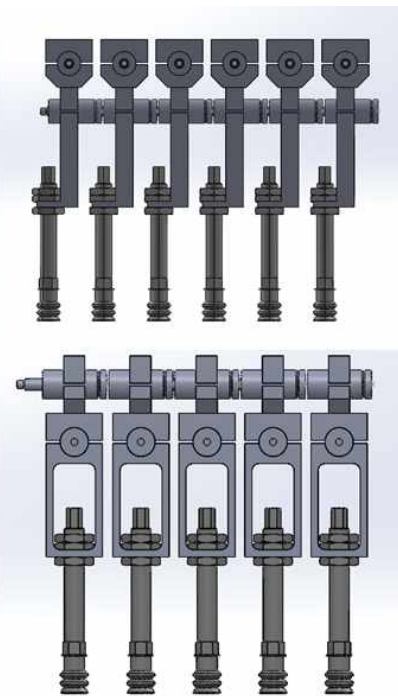
(a)



(b)



(c)



(d)

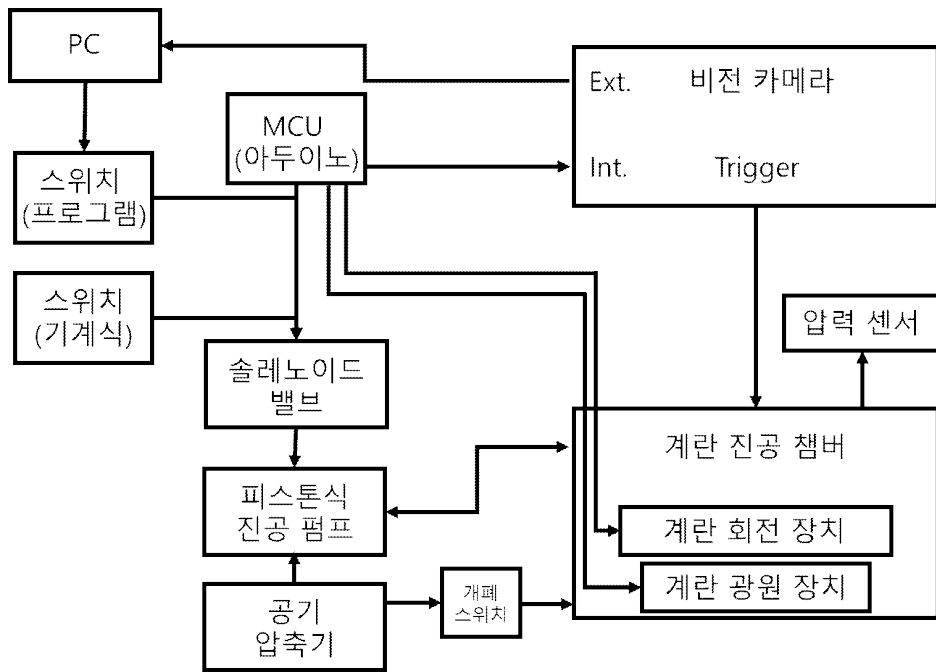
그림 3-2. (a) 계란 전용 판 크기 (b) 계란 회전 장치 크기 (c) 계란 이송 장치 설계도 (d) 공기압력 방식의 계란 이송 장치.



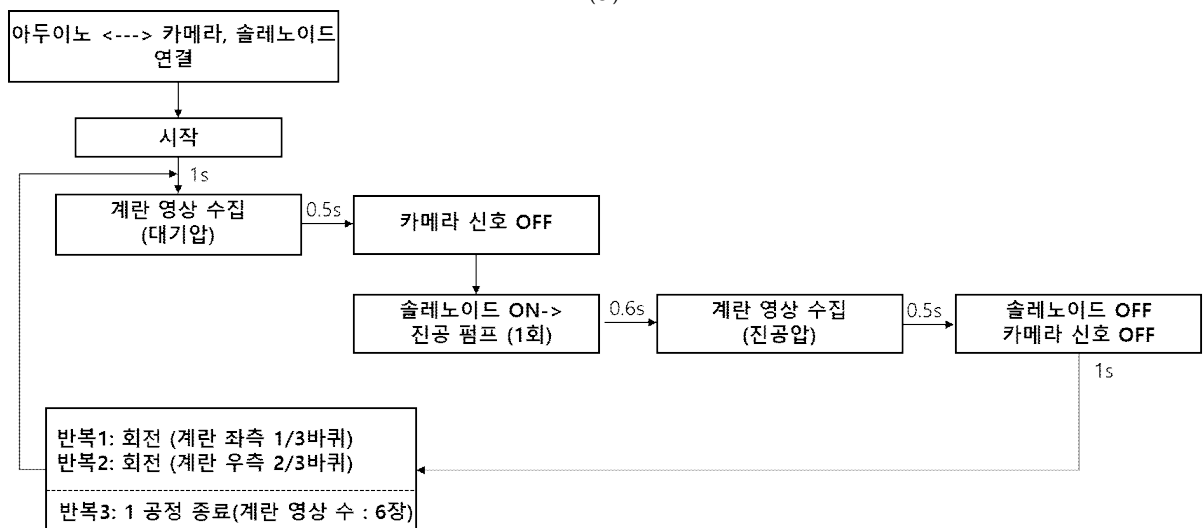
### 3) 고속 판별 시스템 통합 제어 장치 설계 및 제작

#### ○ 미세 파각란 고속 판별 시스템 통합 제어 프로세스

- 미세 파각란 판별시스템은 진공챔버 2대, 진공 펌프 1대, 카메라 1대, 계란 회전 장치 2대, LED 2set로 구성되어 있으며, 고속 판별 시스템 개발을 위하여 장치들을 통합 제어할 수 있는 시스템을 개발하였음.
- 매트랩에서 제공하는 아두이노 지원 라이브러리를 통해 매트랩 내에서 아두이노를 제어할 수 있으며, 아두이노와 미세 파각란 판별 구성장치를 연결하여 매트랩으로 제어하였음.
- 아두이노는 LED 2set, 카메라 1대, 계란 회전 장치 2대, 진공 펌프용 솔레노이드 밸브를 제어할 수 있으며, 신호에 따라 장치를 작동시킴.



(a)



(b)

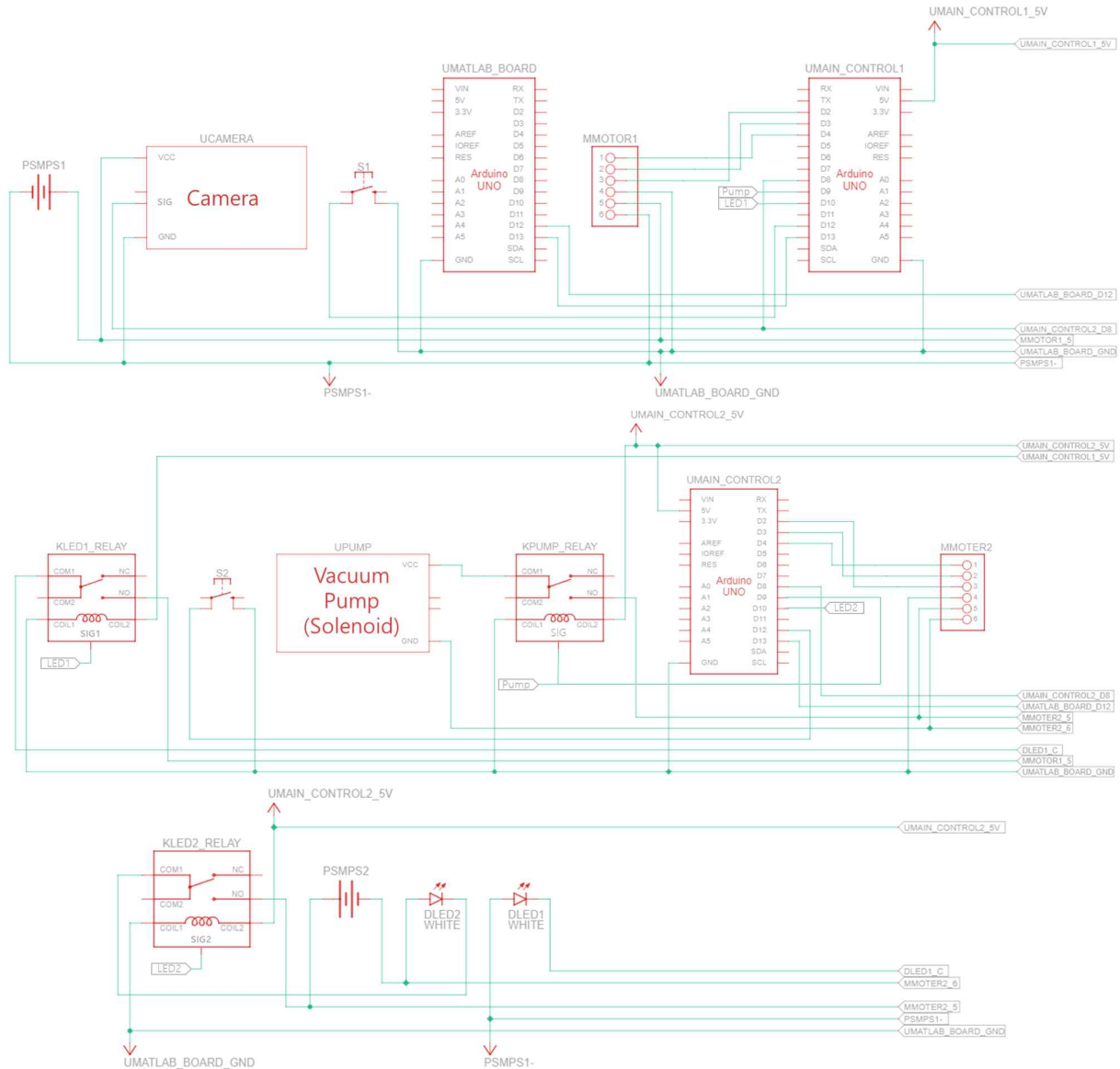
그림 3-3. (a) 미세 파각란 고속 판별 장치 구성도 (b) 미세 파각란 판별 장치 통합 제어 프로세스.

#### ○ 미세 파각란 고속 판별 장치 통합 제어 시스템

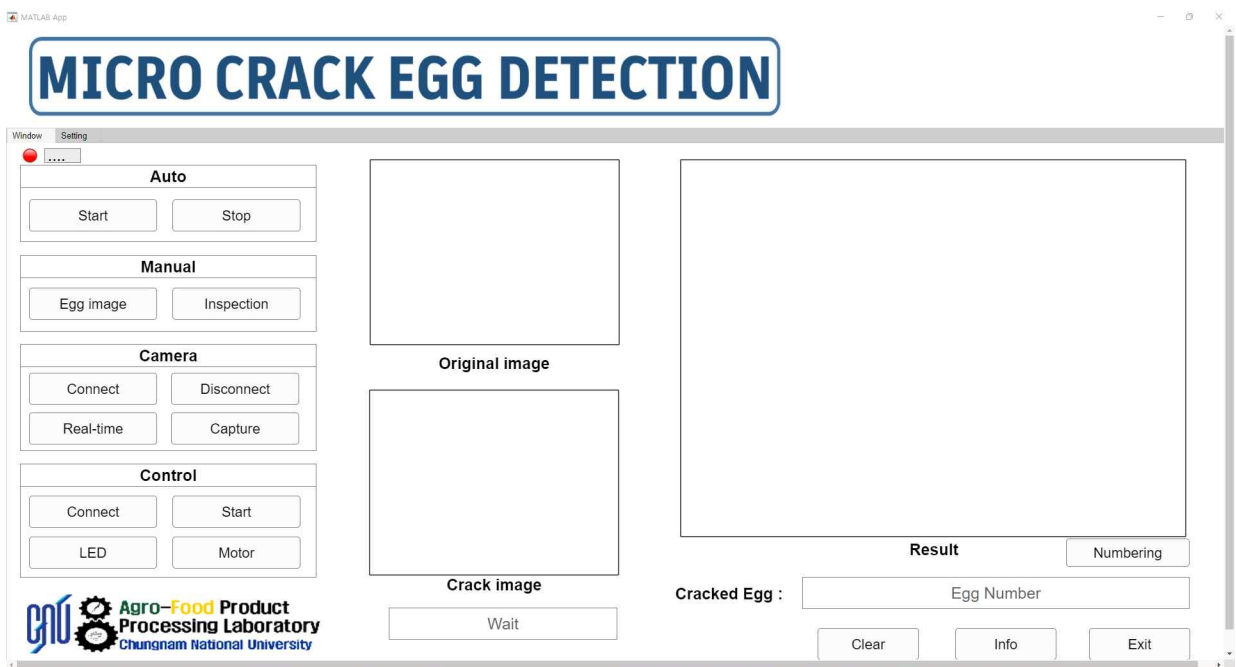
- 아두이노 Uno R3 보드는 Matlab과 연동되는 보드와 장치들을 통합 제어하는 보드로 나누어

지며, 통합 제어용 보드에서 장치 설정 및 제어 소스 코드를 컴파일하였음. Matlab 연동 아두이노는 아두이노 지원 라이브러리를 컴파일하여 Matlab 앱 내에서 아두이노 명령어를 통해 아두이노를 제어하도록 하였음.

- 또한, 기존에 사용하였던 카메라 소프트웨어 등을 Matlab 내장으로 통합하여 단일 소프트웨어로 장치 전체를 제어 및 계란 영상처리를 수행할 수 있도록 개발하였음.



(a)



(b)

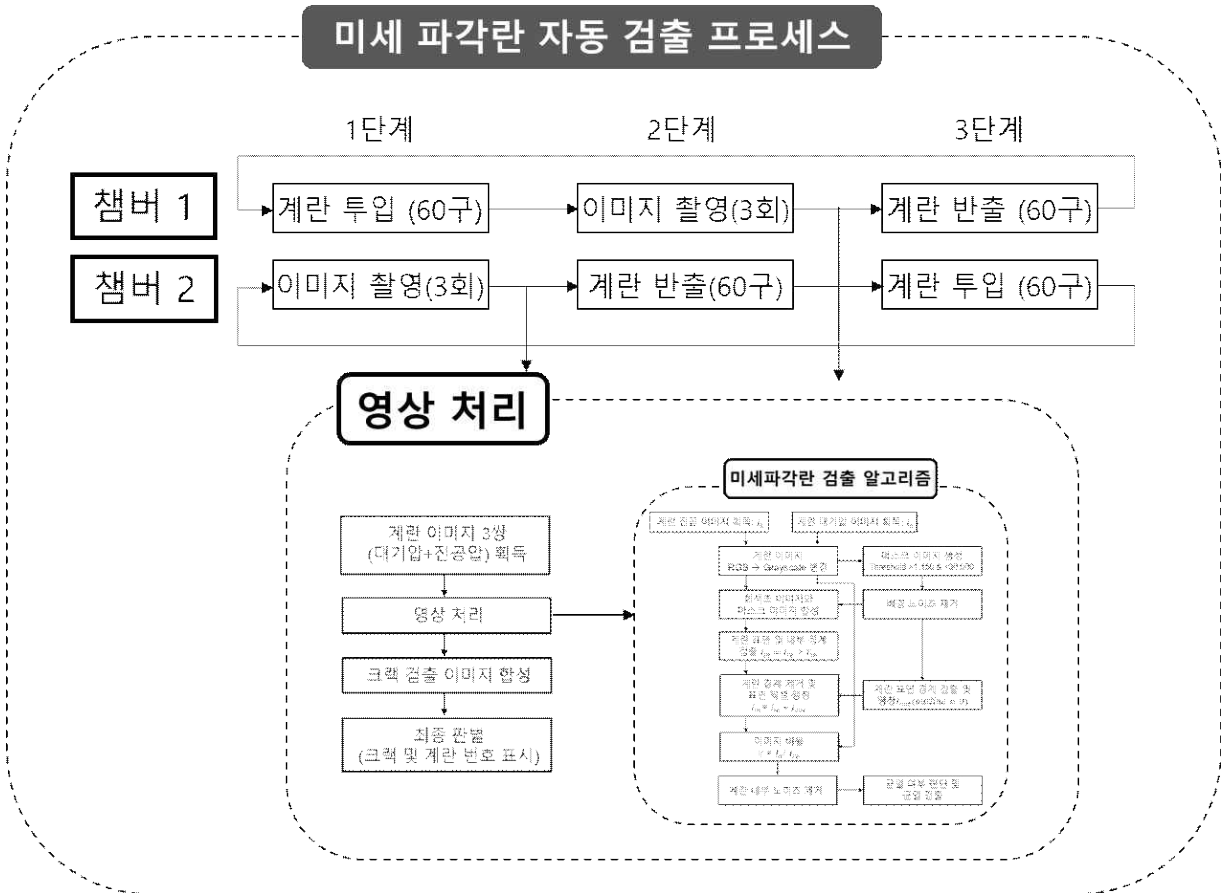


그림 3-4. (a) 미세 파각란 통합 제어 시스템 회로도 (b) 미세 파각란 통합 제어 프로그램 (c) 미세 파각란 고속 판별 장치 자동 검출 프로세스.

### 나. 계란 검출 알고리즘 및 프로그램 최적화

#### 1) 미세 파각란 검출 알고리즘 최적화

##### ○ 미세 파각란 검출 알고리즘 최적화

- 미세 파각란 검출 알고리즘은 영상처리를 활용하여 계란의 표면에 존재하는 균열을 추출하



여 미세 파각란을 식별하는 것이 목표임. 그러나 영상처리를 통해 얻은 경계 픽셀이 균열인지 판단하는 것은 매우 까다로우며, 알고리즘에서 최종적으로 영상처리를 통해 얻은 픽셀들 중에서 균열 여부를 판단하는 기준이 중요하였음.

- 또한, 카메라의 각도로 인해 빛이 새어 나오는 문제로 인하여 최종적으로 균열을 오검출하는 사례가 발생하여 빛의 간섭을 최대한 방지하였으나 계란 배치의 가장자리에서는 롤러, 고무패드 및 계란 사이의 이격으로 한계가 있었음.
- 따라서, 기존의 알고리즘에서 임계값 및 마스크 영상 생성 방식을 수정하였으며, 최종적으로 균열 여부를 판단하는 기준을 추가하였음. 기존 알고리즘에서는 계란의 배경 제거를 위하여 필터링 및 영상 침식을 수행하였지만 변경된 알고리즘에서는 회색조 계란 영상에서 계란 픽셀의 평균값을 기준으로 하여 한계치(Threshold Value)를 설정하여 배경을 제거하였음(그림 3-5).
- 또한, 계란의 테두리에 근접하여 새어 나오는 빛이 한계치에 걸리지 못할 것을 대비하여 영상 침식 및 영상 팽창을 반복하여 계란의 크기를 기존 크기보다 약간 축소하였음. 영상에서 계란의 테두리에 균열이 있다고 가정하였을 때, 계란의 크기보다 축소된 검사 범위로 인해 균열이 미검출될 수도 있지만 계란을 회전시키면서 영상을 3회 반복하여 획득하기 때문에 처음에 테두리에 있던 균열은 다음 영상에서 검출될 수 있음(그림 3-6(a)).
- 최종적으로 계란 균열을 판단하는 기준은 일정 크기 이하의 픽셀이 제거된 후 남은 픽셀 중에서 가로 또는 세로의 길이가 기준점보다 길 때의 픽셀을 균열로 판단하도록 추가하였으며, 균열로 확인된 픽셀에 대하여 균열을 정확하게 보이게 하려면 픽셀을 팽창시켜 균열을 확대하였음. 또한, 기존의 미세 파각란을 표시하는 방법에서 균열계란 또는 균열 픽셀을 다른 색으로 표시하였는데, 균열 위치를 명확하게 확인할 수 있도록 상자 형태로 균열을 표시할 수 있도록 추가하였음(그림 3-6(b), (c)).

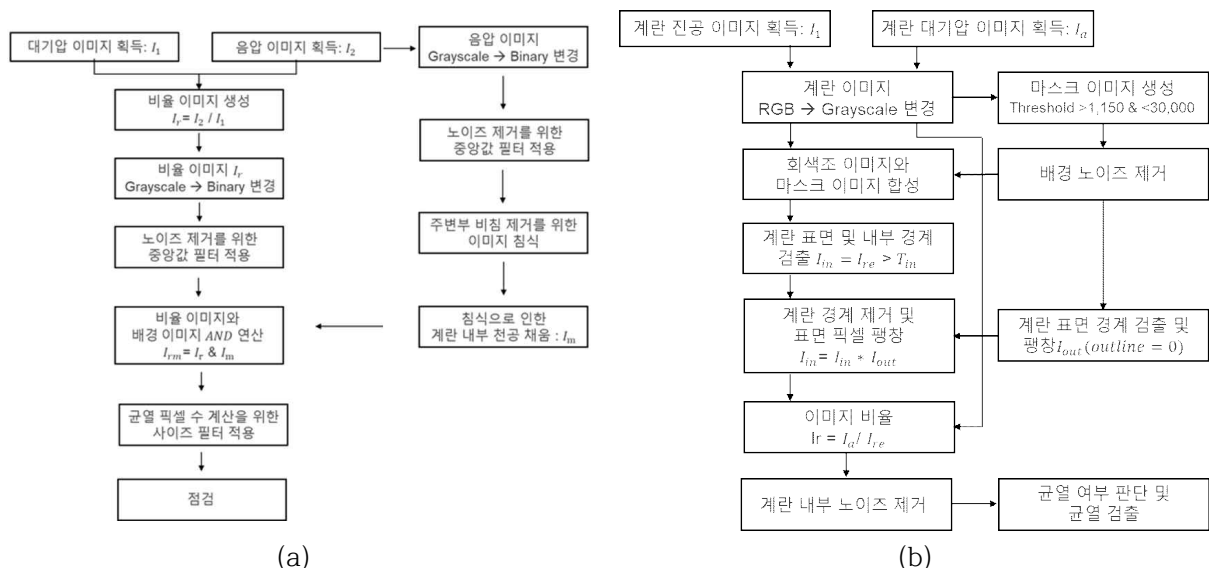


그림 3-5. 미세 파각란 검출 알고리즘 (a) 2차 연도 (b) 3차 연도.

## 2) 미세 파각란 자동 검출 프로그램 최적화

### ○ 계란 광원 장치 및 카메라 최적화

- 카메라는 노출 시간 (Exposure time, us), Gain(dB), 검정 수준(Black level, %), 채도 (Saturation, %), 화이트 밸런스 R(White balance R, %), 화이트 밸런스 B(White balance B, %) 및 프레임률(Frame rate, Hz)을 설정할 수 있으며, 설정값에 따라 계란 영상의 밝기가 달라졌음. 또한, 계란 영상의 픽셀 수를 1024x752로 최적화하였음.

- 밝기에 따른 계란 영상의 경계 검출 정확도를 확인하기 위하여 다른 값을 고정하고, Gain 값을 조절하여 계란 영상의 밝기를 조절하였음. 10dB 이하의 영상은 어두워져 계란과 배경을 구분하기 어려웠으며, 20dB 이상의 계란은 영상의 밝기로 인해 주변부 배경이 함께 촬영되어 영상처리 과정에서 노이즈로 확장되었음(그림 3-7(a), (b)).

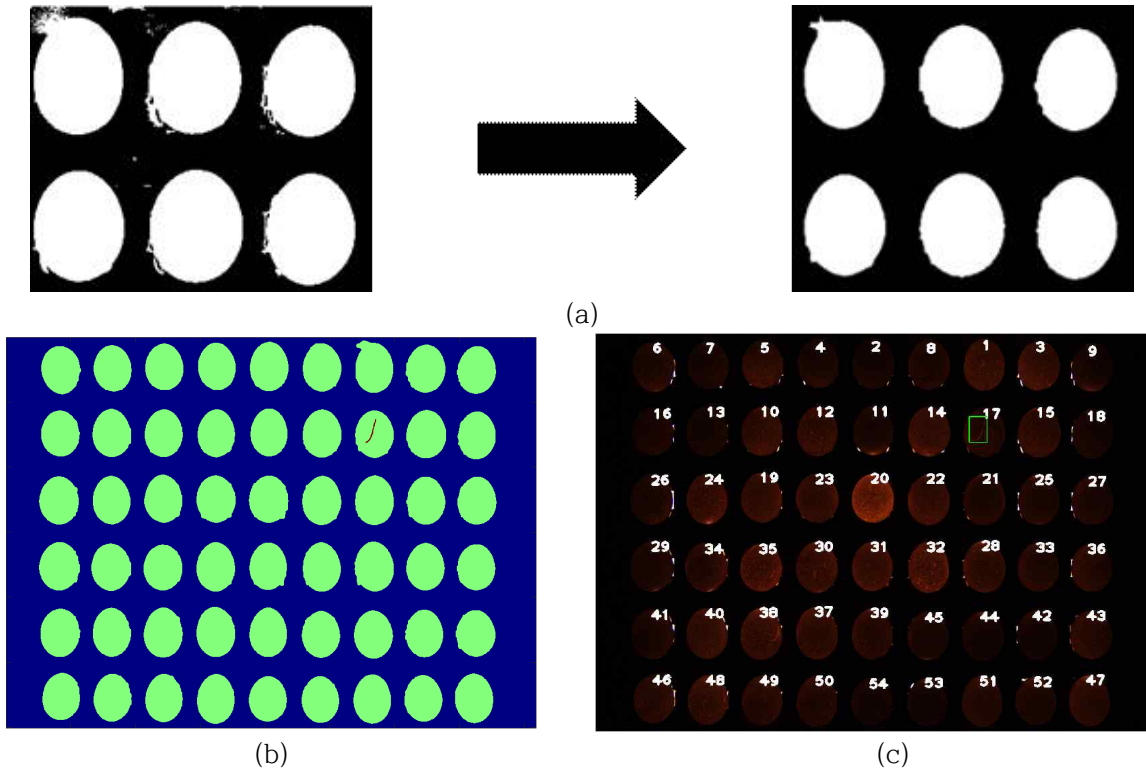


그림 3-6. 계란 영상처리 방법 (a) 계란 크기 축소 (b) 균열 표시 방법1 (c) 균열 표시 방법2.

- 15dB의 Gain 값을 설정하여 계란 영상을 획득하였으며, 해당 영상을 영상 처리하였을 때, 가장 적은 노이즈를 확인하였음. 계란의 밝기는 같은 광도에 대하여 껍질의 두께 및 내용물 등에 따라 다르게 나타났으며, 중간 밝기(진한 갈색~어두운 주황색)의 계란 영상을 수집하여 영상처리를 수행하였음(그림 3-7(c)).

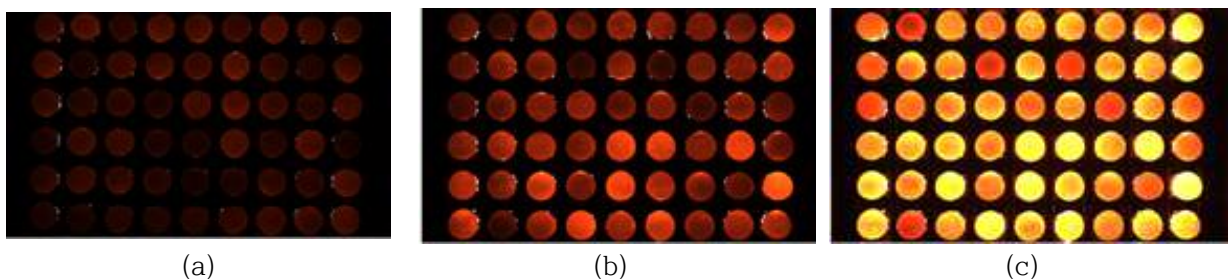


그림 3-7. 카메라 Gain 값에 따른 계란 영상의 밝기 차이 (a) 10dB (b) 15dB (c) 20dB.

#### ○ 미세 파각란 자동 검출 프로그램 최적화

- 개발된 계란 검사 영상처리 알고리즘은 계란의 전체 표면 중 1/3씩 검사할 수 있으므로 총 3번의 작업이 반복되며, 3번의 영상처리 작업으로 획득한 계란 검사 영상을 합성하여 전체 표면에 대하여 균열이 있는 계란을 식별하도록 하였음(그림 3-8).
- 모든 장치는 아두이노 프로세서와 연결되어 있으며, 아두이노에서 첫 번째로 카메라에 신호를 보내 대기압에서 계란 영상을 촬영하고, 0.3초 후에 솔레노이드에 신호를 보내 진공 펌프를 동작시켜 챔버 내부를 순간 진공 상태로 만듦. 펌프가 동작하고 0.6초 후에 계란의 균열

이 최대로 팽창되었을 때, 계란 영상을 촬영하며 이후 반복 횟수에 맞는 회전 바퀴에 따라 계란을 회전시켜 다른 표면과 상단의 카메라를 일치시킴.

- 3 반복 후에 계란 영상을 6장 획득하면 이후 각 반복 수의 대기압 영상과 진공압 영상을 영상처리를 통해 균열을 검사하고, 최종적으로 계란의 3표면에서 획득한 균열 검사 영상을 합성하여 균열이 있는 계란을 판별하게 되고 검출 프로세스가 종료됨.

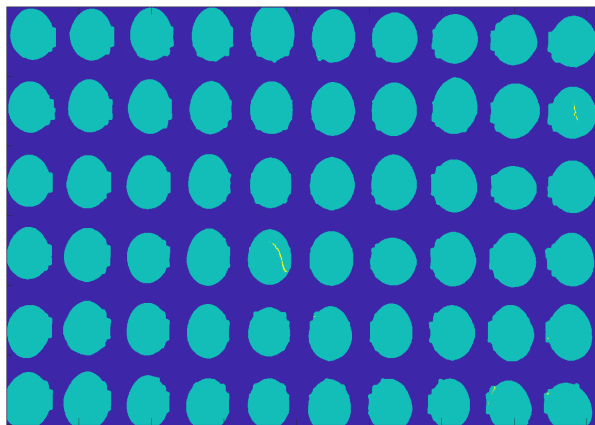
-

## 다. 미세 파각란 고속 판별 장치 종합 성능평가

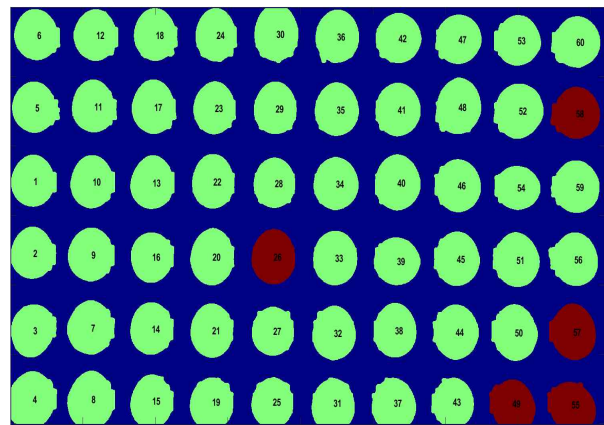
### 1) 미세 파각란 실시간 선별 성능검증

#### ○ 미세 파각란 고속 판별 장치의 알고리즘 성능검증

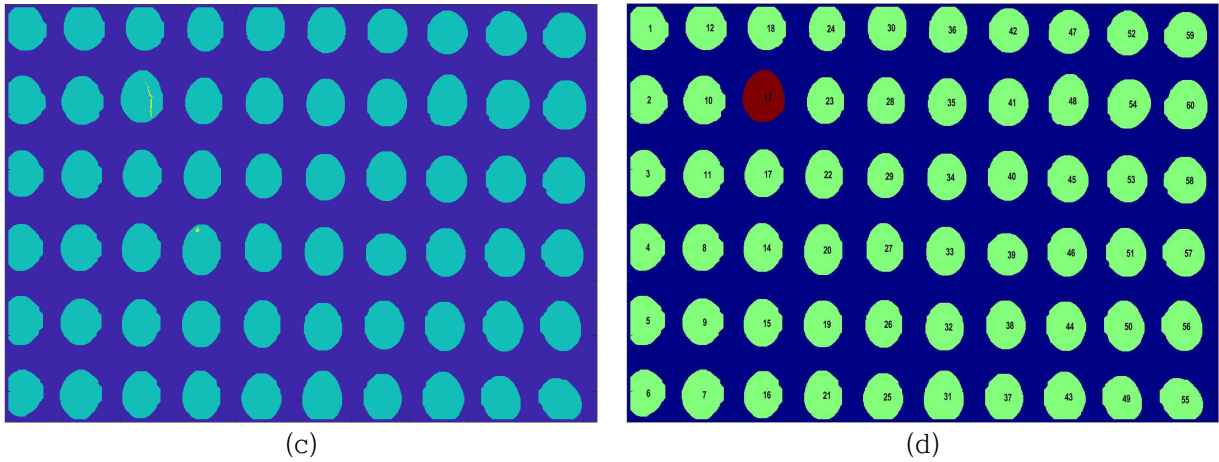
- 개발된 미세 파각란 고속 판별 장치의 성능을 검증하기 위하여 시중에 판매하는 계란을 구매하여 검사하였음. 계란의 크기는 시중에서 가장 많이 판매되고 있는 대란과 특란으로 선정하였으며, 각각 120구를 검사하였음. 성능검증 이전에 육안검사를 통해 균열이 있는 계란은 대란 1구에서 발견되었으며, 이후 판별 장치에 계란을 투입하여 검사하였을 때, 균열이 발생한 계란을 정상적으로 검출하였음.
- 대란의 경우 장치의 가장자리에 배치된 계란에서 빛이 새어 나오는 것으로 인해 약간의 노이즈가 발생하여 정상란은 오검출하는 경우가 발생하였음. 이것은 최종적으로 처리된 균열 픽셀의 크기 임계값이 80 pixel이었으며, 더 작은 노이즈는 무시되거나 사전에 제거되었지만 이보다 큰 조명에 의한 노이즈는 함께 균열로 식별하여 오검출하는 경우로서 120구에 대하여 균열이 있는 계란을 9구로 판별하였으나 실제 균열이 있는 계란은 1구였음. 동일한 계란에 대하여 위치만 바뀌서 수행하였을 때도 마찬가지로 대부분 가장자리에서 검출 오류가 발생하였음.
- 대란보다 크기가 큰 특란을 검사하였을 때, 가장자리에 배치된 특란은 계란 하단부에서 조사되는 빛이 대란보다 상대적으로 적어서 노이즈를 오검출하는 경우가 매우 드물었음. 특란 120구에 대하여 검사를 수행하여 모두 정상란으로 판별하였으며, 이후 인위적으로 균열을



(a)



(b)



		예측		
		대란	True	False
실제	True	111	0	
	False	8	1	

(e)

		예측		
		특란	True	False
실제	True	119	0	
	False	0	1	

(f)

그림 3-8. 미세 파각란 판별 검사 (a) 및 (b) 대란의 균열 검출 결과, (c) 및 (d) 특란의 균열 검출 결과, 미세 파각란 검출 정확도 (e) 대란 (f) 특란. 생성하여 추가로 미세 파각란 검사를 수행하였을 때, 정상적으로 균열을 검출하였음.

- 현재 개발된 진공에 의한 파각란 선별 방법에는 70kPa에서 1초 내외의 약한 진공이 걸리고 있으며, 진공에 의해 벌어진 균열을 카메라를 통해 이미지를 획득하여 판별하는 방법임. 검출률 향상을 위해서는 강한 진공을 걸어주거나, 시간을 늘림으로써 균열을 더욱 확장해 이미지 간의 차이를 크게 하는 방법이 있지만 파각란이 장시간의 강한 진공에 노출되면 계란이 선별기 내부에서 깨지거나 선별 처리 속도의 감소를 초래함. 이미지 처리 프로세스의 개선 및 진공 세기, 시간 등 검출률에 영향을 미치는 요인들에 대한 다양한 조건에서의 실험을 통해 시스템 최적화 및 검출률을 향상시킬 계획임.

## 라. 전기장을 이용한 미세파각란 판별 시스템 개발(연구개발내용 외 추가 진행 상황)

### 1) 계란의 전기적, 기하학적 특성 측정

- 일반적으로 계란은 품질과 무게에 의한 두 가지 등급으로 구분됨. 품질에 의한 등급 판정은 신선도와 내용물의 상태에 따라 1+등급, 1등급, 2등급, 3등급으로 구분하고, 무게에 의해서는 왕란(68 g 이상), 특란(68 - 60g), 대란(60 - 52g), 중란(52 - 44g), 소란(44g 미만)으로 5종류의 중량 규격으로 구분되고 있음.

- 전기장을 이용한 미세파각란 판별시스템으로 계란의 크기 및 무게와 관계없이 일정하게 선별을 진행하기 위해서는 시스템에 제작 시 등급에 따른 계란의 여러 특성이 필수적으로 고려되어 설계되어야 함. 계란 등급에 따른 모양, 크기, 기하학적 평균직경, 투영 면적, 구형도, 질량, 부피 등 다양한 물리적 특성과 난황 난백 난각의 전기적 특성들을 측정하였음.
- 계란의 단경, 장경 및 껍질의 두께를 측정하기 위하여 디지털 버니어캘리퍼스를 사용하였으며, 단경과 장경은 계란의 가로축과 세로축에서 가장 큰 둘레가 나타나는 지점을 측정하였음. 각 계란에 대한 무게, 장경, 단경 측정을 마친 후에 계란을 깨트려 난황, 난백, 난각막을 모두 제거한 뒤 껍질 두께를 측정하였음.
- 각 등급별 계란 120개에 대하여 장경 및 단경 길이를 측정하여 평균값을 계산하였음(그림 3-9). 계란의 평균 장경과 단경은 등급 순서대로 증가하였음. 소란의 경우가 무게뿐 아니라 장경 단경 또한 모든 등급 중 가장 낮았으며, 왕란의 경우가 역시 모든 등급 중에서 장경과 단경의 평균 길이가 가장 긴 것으로 나타남.
- 소란의 평균 껍질 두께는  $0.36 \pm 0.01$  mm, 중란은  $0.40 \pm 0.02$  mm, 대란은  $0.41 \pm 0.02$  mm, 특란은  $0.40 \pm 0.02$  mm, 왕란은  $0.40 \pm 0.02$  mm로 측정되었다. 소란을 제외한 나머지 등급들에서는 껍질 두께가 큰 차이를 보이지 않음. 껍질 두께를 비교하였을 때, 두께가 특히 얇은 소란의 파란율이 다른 등급들에 비해 높을 것으로 판단됨.

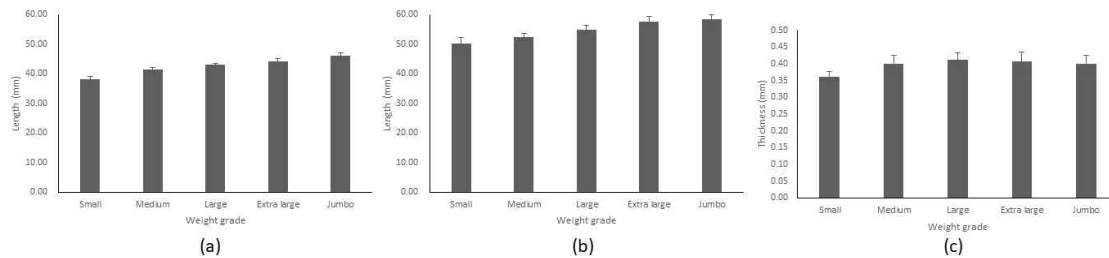


그림 3-9. 계란 등급에 따른 (a)단경, (b)장경, (c)난각 두께.

- 그림 3-10의 (a)는 계란의 표면적을 나타내며, 소란의 경우  $483.08 \pm 230.39$  mm<sup>2</sup>, 중란은  $6,299.10 \pm 166.50$  mm<sup>2</sup>, 대란은  $6,843.04 \pm 182.58$  mm<sup>2</sup>, 특란은  $7,350.34 \pm 188.86$  mm<sup>2</sup>, 왕란은  $7,805.23 \pm 267.19$  mm<sup>2</sup>로 조사되었음.
- 다음 (b)는 계란의 체적을 나타내며, 소란의 경우  $38,202.93 \pm 2,401.03$  mm<sup>3</sup>, 중란은  $47,022.37 \pm 1,851.96$ mm<sup>3</sup>, 대란은  $59,242.21 \pm 2,301.28$ mm<sup>3</sup>, 특란은  $59,270.83 \pm 2,289.20$ mm<sup>3</sup>, 왕란은  $6,486,917 \pm 3,416.98$ mm<sup>3</sup>이었음.
- (c)는 등급별 기하평균직경 나타내며, 소란의 경우  $41.76 \pm 0.88$  mm, 중란은  $44.77 \pm 0.59$  mm, 대란은  $46.66 \pm 0.62$  mm, 특란은  $48.36 \pm 0.62$  mm, 왕란은  $49.83 \pm 0.83$  mm으로 측정됨.
- (d)는 등급별 투영 면적을 나타내며 소란의 평균 투영 면적은  $1,501.60 \pm 72.03$ mm<sup>2</sup>, 중란은  $1,704.32 \pm 45.93$ mm<sup>2</sup>, 대란은  $1,857.89 \pm 54.67$ mm<sup>2</sup>, 특란은  $2,006.20 \pm 59.16$ mm<sup>2</sup>, 왕란은  $2,112.98 \pm 67.68$ mm<sup>2</sup>이었음.
- 측정된 표면적, 체적, 기하평균직경, 투영 면적 등 대부분의 기하학적 특성은 그림 xx에서 보여지는 장경, 단경의 특성과 마찬가지로 계란의 등급이 상승할수록 수치가 커짐을 알 수 있음.

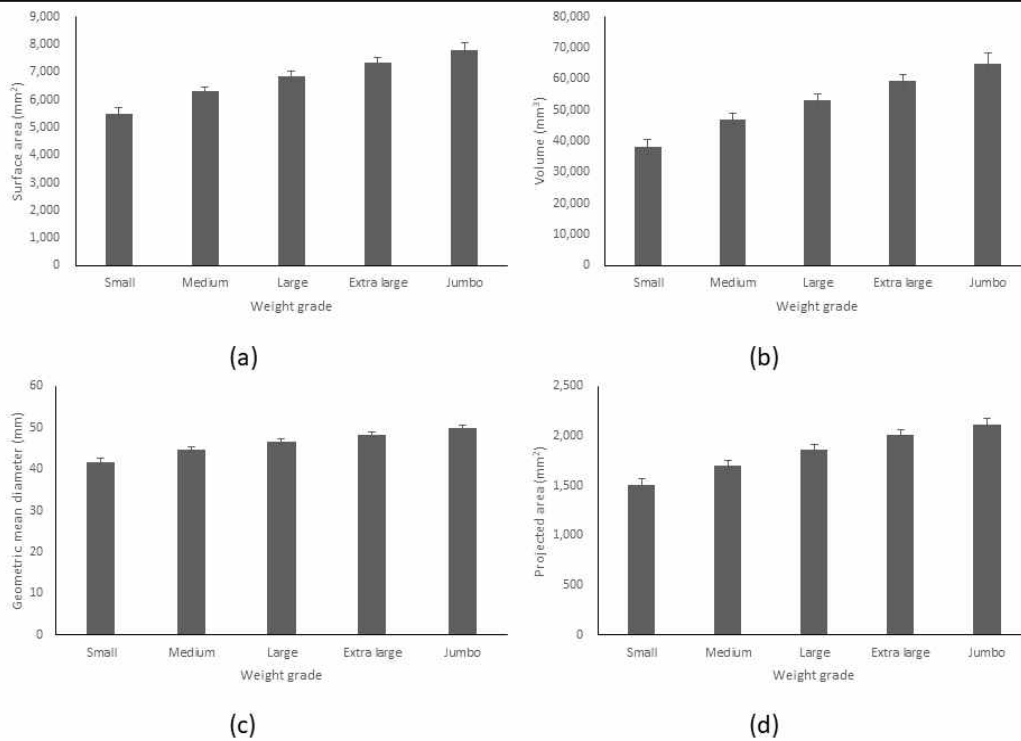


그림 3-10. 계란 등급에 따른 (a)표면적, (b)체적, (c)기하평균직경, (d)투영면적.

- 그림 3-11은 등급별 계란의 평균 밀도를 나타냄. 밀도 또한 등급의 상승과 함께 수치가 증가하는 경향이 나타났음. 특히 소란의 경우에 특히 낮은 밀도가 관측되었고, 특란과 왕란의 밀도 차이는 다른 등급의 차이에 비해 크지 않은 것으로 조사됨. 소란의 얇은 껍질 두께와 낮은 밀도로 인해 파각란 선별 시 다른 등급의 계란에 비해 더욱 세심한 주의가 필요할 것으로 판단됨.

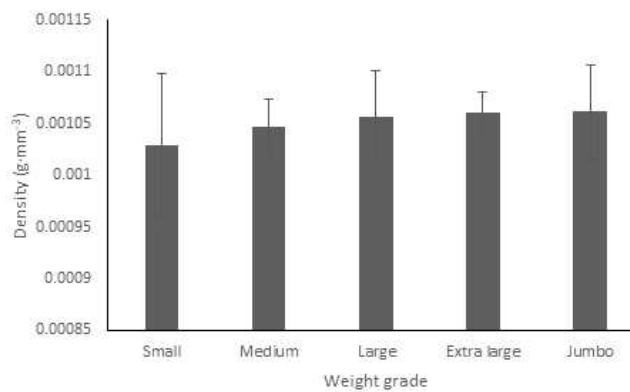


그림 3-11. 계란 등급에 따른 밀도.

- 그림 3-12는 전압 상승에 따라 측정된 계란 껍질의 전기 전도율을 나타냄. 전류의 세기는 공급되는 전압이 상승함에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 보여주었지만, 전압 및 전류의 상승과는 다르게 전도율과 비저항의 수치는 유의한 차이가 나타나지 않았음.



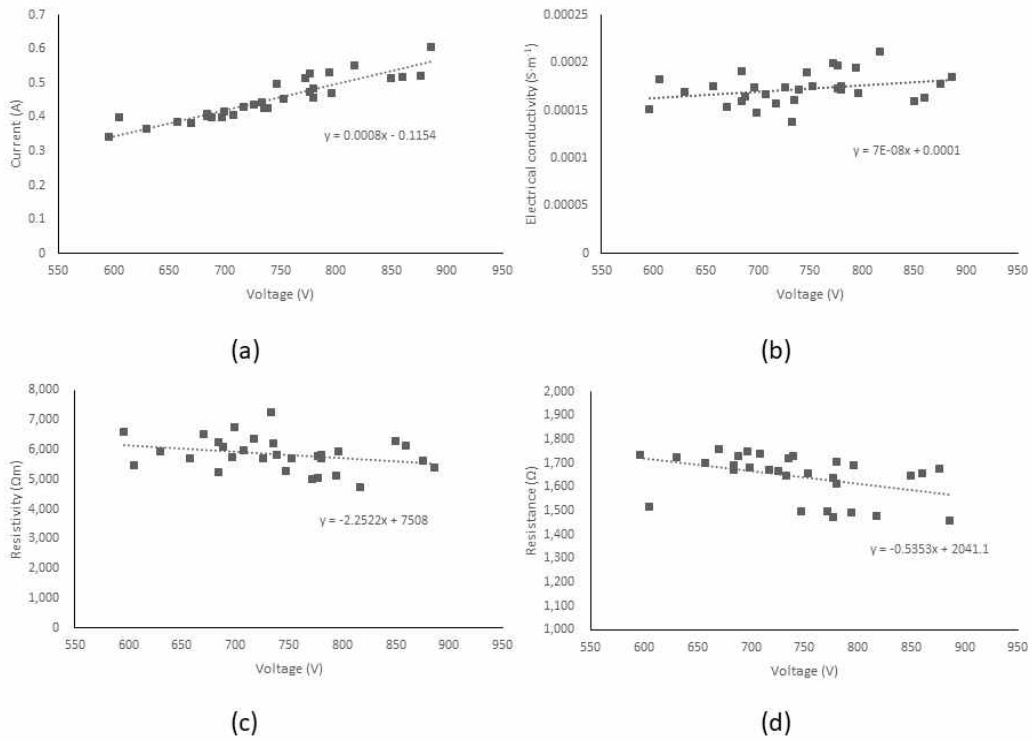


그림 3-12. 전압 세기에 따른 계란 껍질의 (a)전류, (b)전기 전도도, (c)저항, (d)비저항.

- 그림 3-13은 껍질 두께에 따른 전기적 특성 비교 결과를 나타냄. 계란 껍질 두께는 0.32 mm부터 0.45 mm까지 다양하게 조사되었으며, 두께가 두꺼워질수록 비저항이 낮아지고 전도율이 증가하는 경향이 관측되었음.
- 하지만 각각의 전류 변화 및 저항값을 비교하였을 때, 유의한 차이로서 작용하지는 않았음. 이는 온도가 증가할수록 전도율이 높아지는 현상에 의한 것으로 사료되며, 즉 껍질의 두께가 두꺼워질수록 전기 공급에 의해 온도 상승이 유리한 것으로 판단됨.

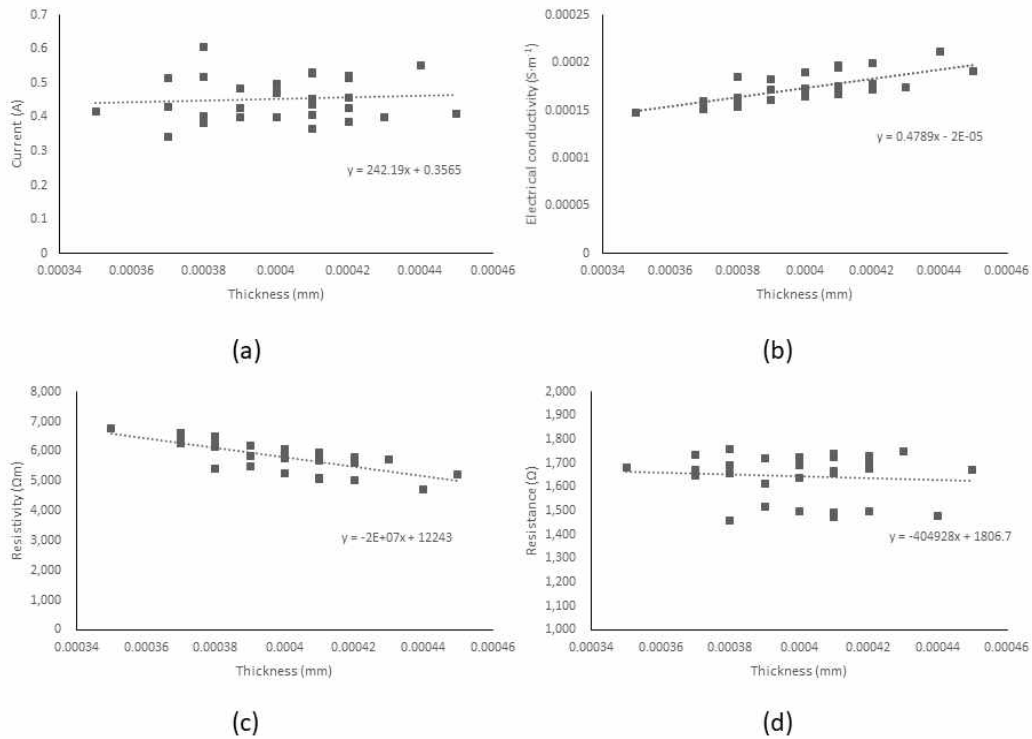


그림 3-13. 계란 껍질 두께에 따른 (a)전류, (b)전기 전도도, (c)저항, (d)비저항.

- 난황, 난백, 혼합 조건에서 계란 내용물의 전기 전도율을 측정하여 그림 3-14 및 표 3-15에 나타내었음. 0.1 kHz 주파수에서 난백 및 혼합 조건의 전기 전도율은 선형성을 띠지 않기에 2차 함수식으로 표현하였으며, 이를 제외한 나머지 조건에서의 전기 전도율은 1차 함수식으로 표현하였음. 난황의 경우 모든 주파수에서 거의 동일한 전기 전도율이 관측되었음. 모든 실험조건에서 난황이 80℃까지 도달하는 데 걸린 시간은 대략 120초였으며, 전극의 부식이 발생하지 않았음. (그림 3-15(a)). 난백의 경우 80℃까지 도달하는 데 걸린 시간은 난황보다 약 40초가량 빠르게 측정되었음.
- 난백의 전기 전도율은 10kHz 이상의 주파수에서 더욱 가파르고 높은 전기 전도율을 나타내었음. 하지만 0.1 kHz 주파수에서는 초기부터 특히 낮은 전도율이 측정되었으며, 50℃ 후로 전도율이 다시 낮아지는 현상이 관측되었음. 또한 0.1 kHz에서 난백의 전기 전도율 측정 후 파울링 현상 및 전극의 부식이 발생하였음(Fig. 3-15(b)).
- 혼합의 경우 80℃까지 도달하는 데 걸린 시간은 대략 80초로 난백과 비슷하였으며, 0.1 kHz 주파수에서 40℃ 이후로 전기 전도율 상승률이 감소하는 경향을 나타내었다. 혼합 조건 또한 난백 실험 결과와 마찬가지로 전극의 부식을 야기했지만, 파울링 현상은 난백보다 감소하였다. 전극의 부식 및 파울링 현상은 0.1 kHz 주파수의 난백과 혼합 조건에서만 관찰되었으며, 따라서 주로 난백의 구성성분에 의해 발생하는 것으로 판단됨. 0.1 kHz 주파수에서 80℃까지 걸리는데 소요된 시간은 다른 주파수 대역과 동일하였으나, 파울링 및 전극의 부식에 의해 전기 전도율 상승 폭이 감소함.

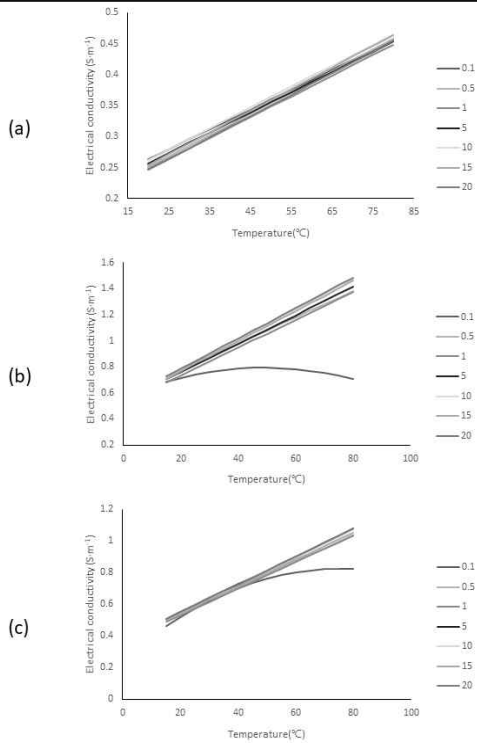


그림 xx. 전기전도도  
(a)노른자, (b)흰자, ©혼합.

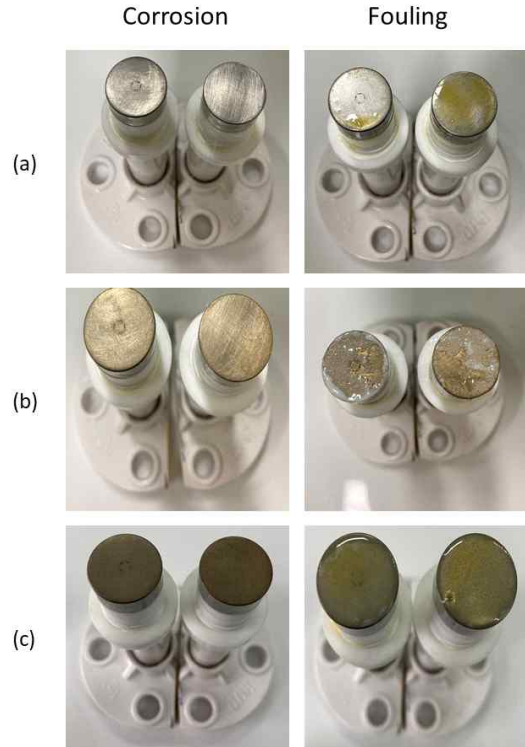


그림 xx. 0.1 kHz 주파수에서의 부식 및 파울링  
(a)노른자, (b)흰자, ©혼합.

- 전기방전 기반 미세파각란 판별시스템 개발의 지표가 될 수 있는 요소들을 탐색하고자 하였음. 소란의 경우 무게만 아니라 장경 및 단경이 모든 등급 중 가장 낮았으며, 왕란의 경우 모든 등급 중에 장경과 단경이 가장 크게 측정되었음. 장경과 단경의 길이는 체적 및 표면적과 높은 상관관계가 있음에 따라, 체적과 표면적의 크기 역시 소란, 중란, 대란, 특란, 왕란 순으로 증가함을 알 수 있었음. 껍질 두께와 밀도의 경우 소란에서 특히 낮은 값이 관찰되었으며, 이는 다른 등급의 계란에 비해 소란의 파각란 판별 과정에서 더욱 세심한 주의가 필요할 것으로 판단된다. 계란 껍질 두께는 0.32 - 0.45 mm로 측정되었으며, 등급에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았음. 껍질은 절연체와 비슷한 성질을 나타내었으며, 두께가 두꺼워질수록 전기 공급에 의한 온도 상승에 영향을 크게 받는 것으로 나타남. 계란 내용물에 대한 전기 전도율은 난백, 혼합, 난황 순으로 높았으며, 모든 조건에서 15kHz 이상의 주파수에서 더욱 가파르고 높은 전기 전도율이 관측되었음. 0.1 kHz의 주파수에서는 난백에 의한 파울링 현상 및 전극의 부식이 관찰되었으며 전기 전도율의 감소를 야기하였음.

## 2) 전기방전 기반 미세파각란 판별 시스템 설계 및 제작

- 연속적인 파각란 판별과정에서 앞선 계란이 전극을 통과할 경우, 전극이 위로 들렸다가 떨어지면서 뒤에 오는 계란을 충격하게 되고 때때로 파손을 야기하게 됨. 따라서 다관절 형태로 유연하게 제작되어 충격을 줄일 수 있는 전극이 필요함. 계란은 완벽한 타원체 또는 구체의 형태가 아니며, 각각 크기와 모양이 조금씩 다름.
- 다관절 형태의 전극은 이러한 서로 다른 계란의 모양과 관계없이 계란 표면에 적절하게 부착될 수 있음. 또한 단일 형태의 전극보다 계란 표면에 넓게 부착되어 크랙 검출 범위를 넓혔음.
- 전극 팁의 형상 또한 충격에 의한 계란의 손상을 줄이면서 계란에 부착되는 범위를 넓히기 위한 형태로 제작되었음. 끝부분은 둥글게 제작되었으며, 단순히 좁아지는 형상이 아닌 위 그림과 같이 각을 주어 닿는 부분이 넓어지게끔 고려하여 제작되었음.

- 전극은 가볍고 전기전도성이 좋은 소재인 알루미늄으로 재질을 선정하였으며, 전극은 1cm 간격으로 최대 1개의 계란 검출 세트당 6개씩 연결되어 있음. 각 전극의 사이가 좁아서 전극 사이의 간섭을 방지하기 위해 전극 사이마다 두께 2mm, 직경 40mm의 원형 아크릴판이 설치하였음.

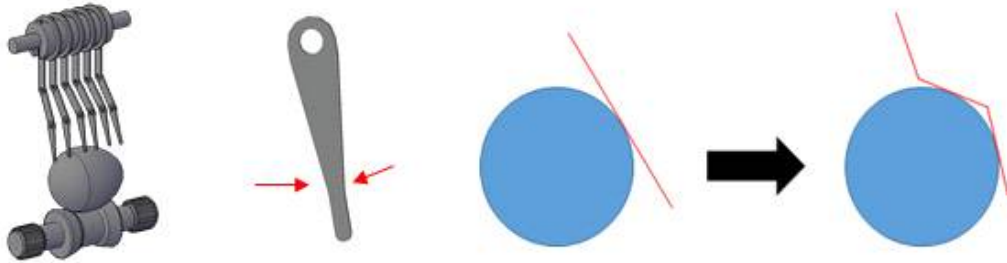


그림 3-16. 설계된 전극 개념도.

- 실험을 위해 우선 배치식 형태의 전기방전 기반 미세파각란 판별시스템을 제작하였음. 계란 이송 레일은 여러 개의 회전 롤러로 구성되어 있으며, 롤러는 스텝모터를 사용하여 정방향과 역방향 모두 제어할 수 있으며, 회전 속도 또한 제어할 수 있도록 제작되었음. 레일을 구성하고 있는 롤러는 슬립 방지 및 안전을 위해 고무 재질로 이루어져 있음. 계란 이송 롤러는 탈부착할 수 있으며 이에 따라 이송 레일의 길이 조절이 가능함.
- 실제 선별장에서는 계란이 연속적으로 롤러를 타고 이송되며 판별이 진행됨. 하지만 제작된 전기방전 기반 미세파각란 판별시스템 프로토타입은 배치식이기에, 실제 판별 현장처럼 연속적 판별 실험 수행을 위해 전극봉 양옆에 리니어 모터를 설치하였음. 리니어 모터의 회전 스크류를 사용하여 전극봉을 앞뒤로 이동시키며 연속적인 파각란 판별 실험을 수행하였음.

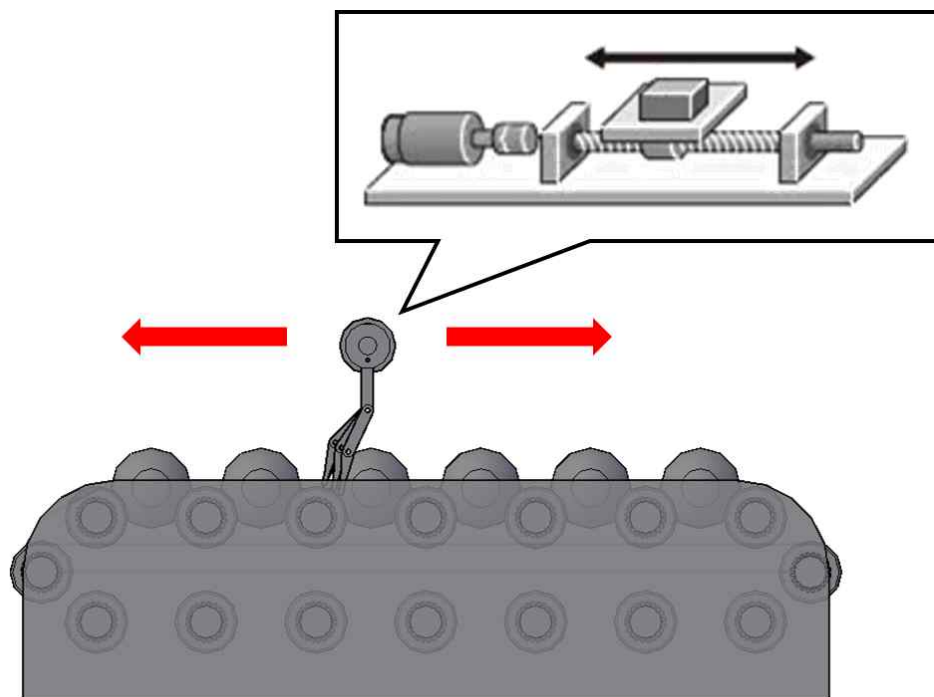


그림 3-17. 리니어 모터를 사용한 연속식 판별 실험 개념도.

- 전기적 특성 실험을 통해 난각의 전기적 특성을 측정하였음. 난각은 전기가 거의 통하지 않는

---

부도체와 같은 성질을 띠고 있기에 전기방전을 이용한 미세파각란 판별 실험에는 높은 전압이 필요하였음. 또한 미세파각란 판별 시 발생하는 spark 이외에도 전압 및 전류의 변화와 같은 현상들이 나타남. 이와 같은 데이터를 측정하고 정상적이고 적절한 전압 공급을 위하여 모니터링 장치들의 구축이 필요함.

- 실험 수행을 위해 그림 3-18과 같이 IGBT 기반 전원 공급 및 모니터링 장치를 구성하였음. IGBT 기반 전원 공급장치는 (8)DC Power supply, (6) Function Generator, (5)IGBT Module, (4)Fly Back으로 구성됨.
- DC 전원 공급 장치에서 공급되는 전압을 IGBT 모듈과 펄스생성기를 통해 최대 20kHz의 사각 펄스파로 변경됨. 실험에는 15kHz의 주파수를 사용하였으며, 사각 펄스파 형태로 변경된 전압은 플라이 백을 거쳐 최대 3,000V까지 증폭되어 전극에 공급될 수 있도록 구성하였음.
- 감시 체계는 (1)Current Monitor, (2)Differential Probe, (3)Data Logger, (7)Oscilloscope로 구성되어 있음. 전류계와 전압계는 오실로스코프 및 데이터로거와 연결되어 있으며, 전류계와 전압계를 사용하여 IGBT 기반 전원 공급 장치에서 전극으로 공급되는 전압 및 전류를 측정하였음. 측정된 전압과 전류의 세기를 데이터로거를 통해 수집하였으며, 오실로스코프는 측정된 전압 및 전류의 파형과 크기를 시각적으로 나타내어 줌.

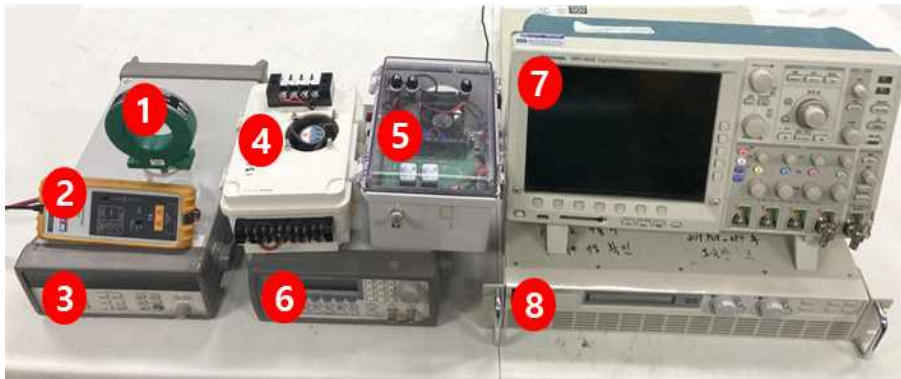


그림 3-18. 전원 공급 및 모니터링 장치 구성.

- 제작된 전기방전 기반 미세파각란 판별 장치를 사용하여 검출 실험을 진행한 결과, 파각된 계란에서 육안으로 충분히 확인할 수 있는 Spark가 발생하였음. 또한 전기방전 현상이 발생한 파각란에서 균열의 모양에 따른 Spark의 흔적이 남아 균열의 위치를 확인할 수 있었음.
- 육안으로 Spark를 감지하기 위해서는 보다 큰 전압과 높은 전류 사용을 통해 Spark의 세기를 증가시켜야 함. 하지만 높은 전압의 사용은 넓은 균열이 있는 계란에는 조그마한 균열을 갖는 파각란보다 많은 양의 전류가 흐르기 때문에 균열 크기에 따라 전류의 변화가 심해짐. 이는 파각란 감지 정확도 및 사용자 안전을 위협하는 요소가 됨. 따라서 Spark 발생 및 흔적의 유무를 통해 육안으로 선별하는 방식 이외의 자동화 선별을 위한 최적화가 필수적임.

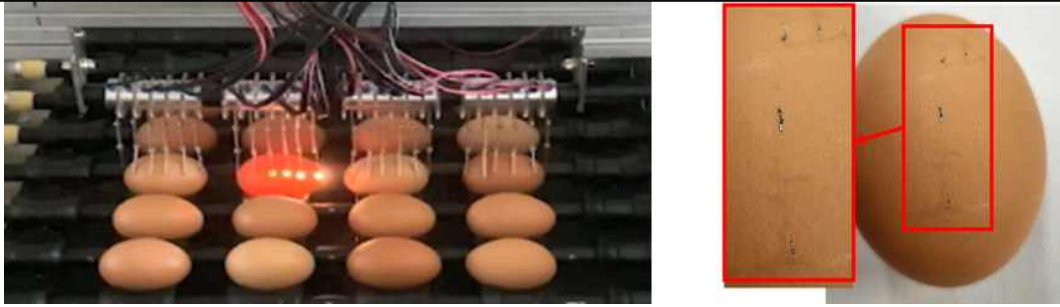


그림 3-19. 전기방전에 의한 파각란 판별.

- 감지 정확도 및 안전성 향상을 위해 낮은 전압의 사용이 필요함. 하지만 낮은 전압에서는 Spark 현상이 작아서, 이를 감지할 수 있도록 불꽃 감지 센서를 통해 전기방전 기반 미세 파각란 판별 장치를 최적화하고자 하였음.
- 불꽃은 여러 가지의 연소반응 때문에 나타나는데, 그 표출 형태는 열, 연기, 연소가스, 복사 등으로 나타남. 이중 열복사로 빛이 방출되는데, 그 빛은 화염의 온도에 따라, 각각 특성이 다른 파장을 가지며, 이러한 파장의 차이로 인해, 화염으로부터 나오는 광원은 자외선, 가시광선, 적외선 등 파장의 영역이 다른 세 가지로 크게 나뉨. 이러한 광학적인 특성을 이용하여, 해상도 높은 광분석기(센서)로 각각의 광원을 인식하고, 화재의 형태에 해당하는 광원을 식별해 낼 수 있음.
- 센서를 사용한 검출 자동화 알고리즘 개발을 위해 760 ~ 1,100nm 파장에서 반응하는 IR(적외선) 센서를 사용하여 사전 실험을 진행하였음. 작은 불꽃도 감지하기 센서의 감도를 조절하였으며, IR 센서는 효과적으로 Spark를 감지하였으며, 더 낮은 전압의 사용을 가능하게 하였음. 또한 알고리즘을 통해 파각란의 Spark 현상을 데이터로 입력받아 검출된 파각란의 위치를 데이터화 하여 파악할 수 있었는데, 이는 추후 검출된 파각란을 자동으로 토출하는 설비 설계에 중요한 기초자료 및 기술로써 활용될 예정임.
- 낮은 불꽃 반응도 검출하기 위해 IR 센서 감도를 너무 높이면, 주변 빛에도 영향을 받으며 특히 그림 3-20과 같이 인접한 전극에서 발생하는 Spark에 오반응하는 현상이 나타남. 감도를 낮추게 되면, 작은 불꽃 현상 검출에 정확도가 낮아지는 현상이 발생하였음.
- 따라서 주변 환경 영향을 최소화하기 위해 케이스를 설계 및 제작하였음(그림 3-21). 3D 프린터로 자체 제작된 케이스는 전극과 센서 주위를 둘러싸인 형태로 설계되어 주변 LED와 같은 간접적인 빛과 인접한 전극에서 발생하는 불꽃 반응의 영향을 최소화할 수 있었음. 또한 각 파각란에서 발생하는 Spark의 빛을 모아주는 효과가 나타나면서 작은 불꽃도 검출할 수 있어 결과적으로 검출 정확도를 높이는 중요한 요인이 됨.



그림 3-20. 주변 환경에 의한 오반응.

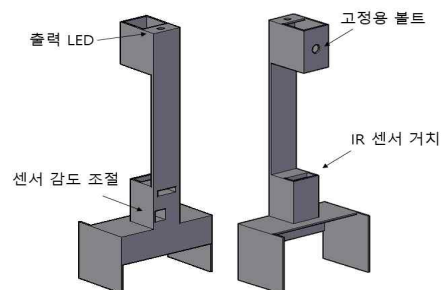


그림 3-21. 케이스 설계도.



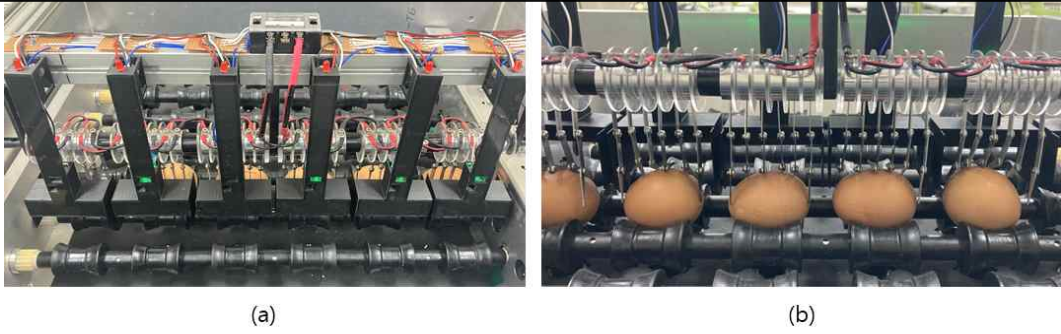


그림 2-22. 케이스가 적용된 전기방전 기반 미세파각란 판별 장치 (a)전면, (b)후면.

- 균열에서 발생하는 전기방전 현상은 계란 내 이종 재료의 전기전도도 차이를 통해 발행함. 균열 때문에 노출된 난각막은 난각에 비해 전기전도도가 높음. 전극이 껍질의 균열 사이를 통과할 때 순간적으로 발생하는 전기방전 때문에 Spark가 나타남.
- 파각란은 껍질에 있는 식인성 병원균에 노출될 가능성이 크며, 이는 식품 안전 위험을 증가 시킴. 시뮬레이션을 통해 이러한 균열에 잔류하는 E.coli O157:H7과 같은 병원균에 대한 방전의 영향을 조사함.
- 시뮬레이션을 사용하면 추가 비용이나 별도 시스템의 구축 없이 전압에 의한 온도 분포 및 미생물의 불활성 정도를 예측할 수 있음. 수치 해석적 모델은 전기방전 현상에 대한 통찰력을 제공하며 전기방전 기반 미세파각란 판별 장치 개발을 위한 시간과 비용을 절약할 수 있는 정보를 제공할 수 있음.
- COMSOL multi-physics를 사용하여 개발된 수치 모델은 전기장(EC), 열 전달(HT) 및 화학 반응(TDS)을 통합하여 예측 시뮬레이션을 수행함. 시뮬레이션 결과는 균열에서의 전계 강도와 온도구배를 보여주었고, 미생물의 불활성 반응계수 상관관계를 이용하여 살균 진행 패턴을 예측하였음(그림 3-23 ~ 3-24).

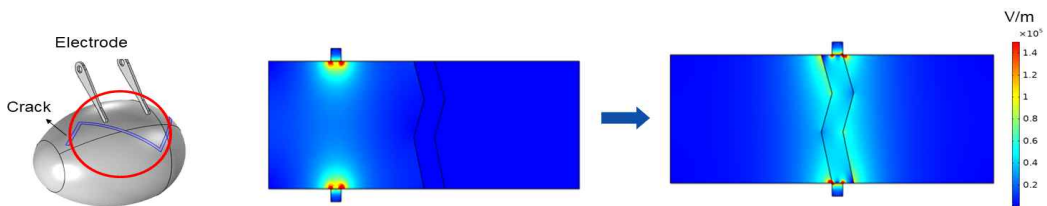


그림 3-23. 균열에서의 전계 강도 시뮬레이션 결과.

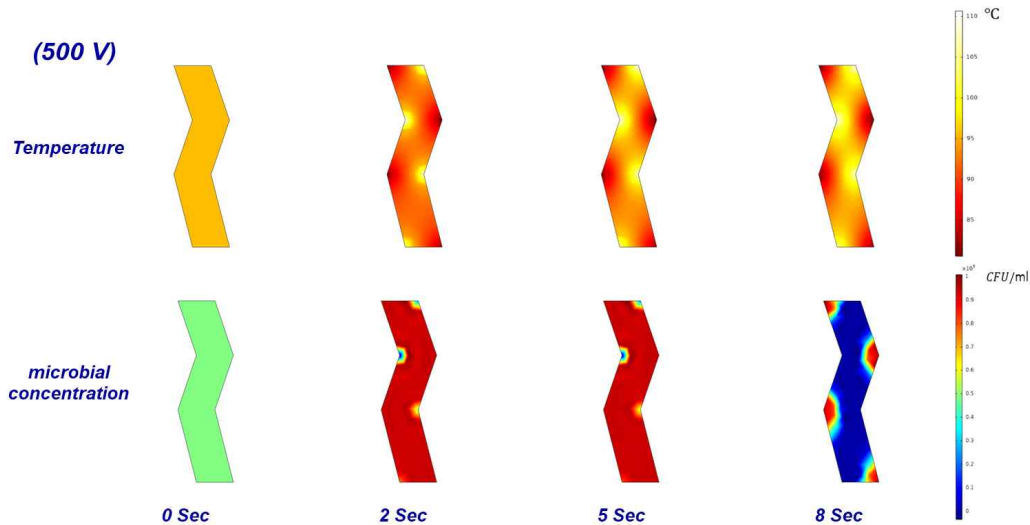


그림 3-24. 균열에서의 온도구배 및 미생물 불활성화 시뮬레이션 결과.

### <참고문헌 (미세파각란 검출기)>

- Lawrence KC, Yoon SC, Heitschmidt GW, Jones DR, Park B. 2008. Imaging system with modified-pressure chamber for crack detection in shell eggs. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety 2*: 116–122.
- Omid M, Soltani M, Dehrouyeh MH, Mohtasebi SS, Ahmadi H. 2013. An expert egg grading system based on machine vision and artificial intelligence techniques. *Journal of Food Engineering* 118: 70–77
- Yoon SC, Lawrence KC, Jones DR, Heitschmidt GW. 2012. Improved modified pressure imaging and software for egg micro-crack detection and egg quality grading. *Applied Engineering in Agriculture* 28: 283–293.
- Joe, S. Y., So, J. H., Hwang, S. H., Hong, S. J., & Lee, S. H. (2022). Determination of electrical and geometric properties of brown eggs. *농업과학연구*, 49(4), 857–869.
- Altuntaş E, Şekeroğlu A. 2008. Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. *Journal of Food Engineering*, 85(4), 606–612.
- Anderson KE, Tharrington JB, Curtis PA, Jones FT. 2004. Shell characteristics of eggs from historic strains of single comb white leghorn chickens and the relationship of egg shape to shell strength. *International Journal of Poultry Science*, 3(1), 17–19.
- Banti M. 2020. Review on electrical conductivity in food, the case in fruits and vegetables. *World Journal of Food Science and Technology*, vol 4, 80–89.
- Castro I, Teixeira JA, Salengke S, Sastry SK, Vicente AA. 2004. Ohmic heating of strawberry products: electrical conductivity measurements and ascorbic acid degradation kinetics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5(1), 27–36.
- Freni F, Quattrocchi A, Di giacomo A, Piccolo SA, Montanini R. 2018. Assessment of eggs freshness by means of pulsed infrared thermography. pp. 25–29. In *Proceedings of the 14th Quantitative Infrared Thermography Conference*, Berlin, Germany.
- Ju JJ. 2021. Status of poultry industry and development plan – status of laying poultry industry and development plan. *Korean Poultry Journal*, 53(11), 156–158. [in Korean]

## [1년차 과제수행 내용]

## I. 혈란 검출을 위한 스펙트럼 측정 장치 구축

## 1) 연구 목적 및 배경

- 계란 소비량이 빠르게 증가함에 따라 계란 산업 또한 많은 발전을 이루었음. 한국의 경우 2018년 1인당 계란 소비량은 268개로 10년 전보다 약 20%가량 증가하였음 (농림축산식품부, 2020).
- 계란 소비량이 증가함에 따라, 계란 관련한 소비자 불만 접수도 증가하고 있는데, 그중 하나가 계란 내부 혈반 및 육반 등의 이물질이 섞인 이상란 문제로 보고됨.
- 최근 이상란 (abnormal egg)의 발생 비율은 종계의 순수 계통 선별과 교배 기술(cross-breed)의 발달, 사육장 조명 제어 프로그램의 발달 및 사료 개선으로 지속적으로 감소하였지만, 여전히 빈번하게 발견되고 있으며, 이상란이 소비자에게 유통될 경우 혐오감을 일으켜 양계 산업에 부정적 영향을 미치는 것은 물론, 세균 감염 및 부패 시 식품위생과도 연관이 되기 때문에 집하장 또는 GP 센터에서 사전에 분리해 소비자에게 유통되는 비율을 최소화해야 함(Kim et al., 2022).
- 이상란의 종류에는 혈반(blood spot), 육반(meat spot), 혈란(bloody egg), 부패란, 무황란, 점란(speckled egg), 사포란(pimpled), 칼슘스프레싱(calcium deposits) 및 난형 이상란(misshapen) 등이 존재함(Kim et al. 2018).
- 이상란의 발생원인은 다양하게 존재하나 산란계의 품종, 간헐적이며 지속적인 점등, 닭의 연령, 사육장의 온도 등이 영향을 미친다고 알려졌으며(Beyer 2005), 이중 흔하게 발견되는 이상란 종류인 혈반, 육반, 혈란은 계란 내부에 피가 섞여 있는 계란을 의미함.
- 육반(meat spot)은 난각 색소나 산화된 혈반 조직으로 알려졌으며(Campo and Garcia Gil, 1998), 혈반(blood spot)은 난황이 형성될 때 실핏줄이 터져 난황으로 유입된 것으로 보통 난황 표면에 혈액 반점으로 나타남. 혈란(bloody egg)은 매우 드물게 발견되지만 난백 전체가 분홍색 혈액으로 영긴 상태를 의미함(Lee, 2016).
- 국내 축산물 등급판정기준 제 24 조 제 1 항에 보면 계란에서의 이물질은 3mm 미만일 때 A 급, 그 크기가 5mm 미만일 때 B 급, 크기가 7mm 미만일 때 C 급, 크기가 7mm 이상일 때 D 급으로 계란의 품질을 구분(이성기, 2015).
- 현재 계란선별기는 네덜란드 모바(Moba)와 미국의 다이아몬드(Diamond), 덴마크의 사노보(Sanovo), 일본의 나벨(Nabel)과 교와(Kyowa) 등 몇 개의 회사가 세계 시장의 약 70%를 점유하고 있으며, 이들 선진 선별기 제조업체 주도하에 각자 노선을 고집하고 있어 현실적으로 표준화 개발에 어려운 상황임.
- 국내 계란 선별기 시스템 완제품을 생산하는 업체는 9개 정도이며 계란 처리 용량 및 품질의 측면에서 외국산에 비해 많이 뒤쳐져 있음. 현재 국산 계란선별기 업체들은 작동

속도 증가와 작동 중에 계란의 이송 안전성이라는 두 가지 서로 상충하는 목표를 만족시키기 위해 역량을 집중하고 있음.

- 현재 국내의 경우 혈란을 분류하는 기술을 보유하고 있으나(Lee et al. 2014), 관련 기술에 대한 산업화가 진행되지 못함. 계란의 혈란 검출을 위한 기술로는 스펙트로미터 기반 방법과 카메라를 이용한 컴퓨터 비전 기술들이 존재함. 하지만 카메라 기반 기술은 현재까지 혈란의 실시간 검출에 적합하지 않음. 현재 대부분의 업체들이 사용하는 기술은 스펙트로미터 기반 검출기로써 본 연구에서도 스펙트로미터 기반 혈란 검출 시스템 개발을 목적으로 함.

## 2) 재료 및 방법

### ○ 실험 재료

- 본 실험에 사용된 혈란은 모두 경기도 안성에 위치한 (주) 금강 LF에서 획득하였으며, 산란 후 24시간 이내에 혈란 검출기(INNOVA 400, Diamond system, Michigan, USA)를 통과해 검출된 시료를 실험에 이용함.
- 정상란 그룹은 왕란(68g 이상), 대란(68g 미만 - 60g 이상), 특란(60g 미만 - 52g 이상)을 마트에서 구입하여 실험에 이용하였음.
- 혈란을 포함한 모든 계란 샘플은 실험 직전까지 7°C 저온에 보관되었으며, 각각의 계란에 대한 스펙트럼 획득이 끝난 이후에 모든 계란을 할란하여, 내부 이상 여부를 확인함.
- 혈란인 샘플에 이후 실험에서 혈란의 정도를 확인할 수 있도록 별도로 RGB 이미지를 획득하였음. 최종적으로 본 실험에서는 혈란 50개와 정상란 50개를 실험에 활용함.

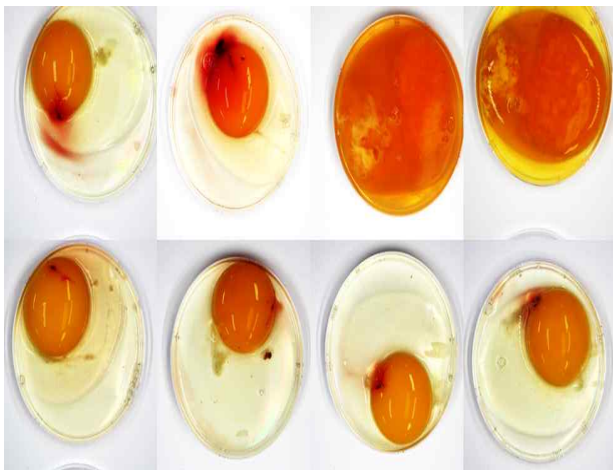


그림 1-1. 혈란과 이상란 샘플 측정.

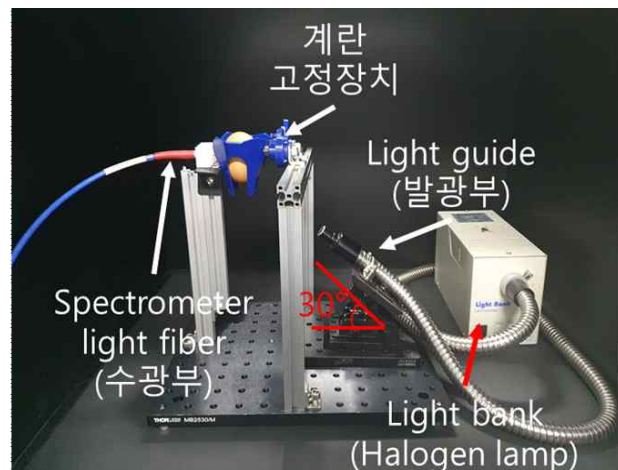


그림 1-2. 고정형 이상란 검출 시스템.

### ○ 시스템 구성 및 파장의 획득

- 본 실험에 사용된 spectrum 은 visible near infrared(VIS/NIR) 영역의 파장(196.5 - 907.4 nm)을 검출 가능한 제품(USB4000 VIS-NIR, Ocean Insight, Inc., New York, USA/ resolution 0.17nm, 3,648 wavebands)을 실험에 이용함.

- 측정 시 계란의 기실이 위치한 둔부를 위로 향하게 하여 스펙트럼을 획득하였으며, 스펙트럼 획득 시 intension time 을 10 milliseconds 로 설정하여 획득한 20 개의 데이터를 평균하여 최종 데이터로 사용.
- 스펙트럼 획득 시 광원은 light bank (LS-F100HS Light bank)에 장착된 할로겐 램프(JCR12V, Ushio Inc., Japan)를 이용하였으며, 계란에 빛이 직접 조사될 수 있도록 light guide(GS5-100F)를 이용하여 연결하였음.
- 발광부는 계란이 위치한 고정장치에서 계란과의 각도가 30° 가 되도록 30mm 거리를 두어 위치시켰으며, 계란으로부터 투과된 빛을 획득하는 수광부(USB4000 으로부터 연결된 light fiber)는 계란과 10mm 거리에 수평으로 위치시켜 파장을 획득할 수 있게 함.
- 최종 총 100 개의 계란(혈란 50 개, 정상란 50 개)에 대한 분광 스펙트럼은 각각의 계란을 회전시켜 5 반복씩 측정되었으며 총 500 개의 스펙트럼을 획득하였음.

### ○ 파장 Calibration

- 파장의 calibration 은 스펙트럼에서 조명의 광패턴 제거를 목적으로 진행됨. 각각의 조명들은 광 패턴을 지니고 있으며, 스펙트럼 측정 시 온전한 샘플 결과를 획득하기 위해서는 이러한 조명 패턴들을 제거해야만 함.
- 본 연구에서 파장의 Calibration 은 식(1)과 같이 진행되었음. 이때 ‘W’ 는 white reference 값, ‘D’ 는 dark reference 값을 나타내며, ‘S’ 는 각각의 파장 별 획득한 데이터의 intensity 를 의미함. 파장의 calibration 에 이용되는 black reference 를 위해 암실 상태에서 스펙트럼을 10 회 반복하여 촬영하였으며, white reference 를 위해 계란이 없는 상태의 할로겐 램프의 파장을 10 회 측정하였음. 이후 획득한 각각의 파장을 평균 낸 평균값을 calibration 계산에 이용함.

$$\text{Calibration sample band} = \frac{S - D}{W - D} \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

### ○ 데이터 전처리

- 획득된 스펙트럼에는 무작위 노이즈(noise), 빛의 방향에 따른 길이 변화 노이즈, 기기로부터 생산되는 산란(scattering) 노이즈 등의 많은 노이즈가 포함되어 있음. 따라서 데이터 중에 포함되어 있는 중요 파장 정보와 불필요한 노이즈 정보를 분리하기 위해 적절한 수학적 분석을 통해 스펙트럼의 사전 처리가 필요함(Rinnan et al. 2009).
- 본 연구에서는 정규화 방법(minimum, maximum, range normalization)을 포함한 몇 가지 스펙트럼 전처리 방법(Standard normal variate(SNV), multiplicative scatter correction(MSC), Savitzky-Golay(SG) 1<sup>st</sup> derivative method, SG 2nd derivative method 등)을 데이터 전처리에 활용하였음.

### ○ 초기 모델 개발

- Partial least squares- regression(PLS-R)은 다양한 독립변수 X와 종속변수 Y 사이의 상관관계 평가를 위해 사용되는 다변량 분석법으로 알려짐(Wold et al. 1984).
- PLS-R은 회귀식을 통해 종속변수 Y를 예측하기 위해 사용되는 방법이지만, 데이터 분류를 위해 변환하여 사용될 수 있음. 이러한 방법을 Partial least squares-discriminant analysis (PLS-DA)라고 일컫음(Martens and Naes, 1992).
- PLS-DA는 일반적으로 metabolomic 연구나 transcriptomic 연구에 활용되었으며, 최근 농업 분야의 분류를 위해서도 다양하게 활용되어 짐(Faqeerzada et al., 2020). 비록 PLS-DA 기법은 분류하는 그룹이 증가할수록 해석하기 어려워진다는 단점을 가지고 있지만, 클래스의 분리가 최대화됨에 따라 클래스 내 변동성이 낮을 때 soft independent modelling of class analogy(SIMCA)와 같은 분석법보다 우수한 분류성능을 보여 다양하게 활용되고 있음.
- PLS-DA 분석을 위해 혈관 스펙트럼 데이터는 '1'로 라벨링(종속변수 Y = 1) 하였으며, 정상란은 '0'으로 데이터를 분류함(종속변수 Y = 0). 분류 초기 모델개발을 위해 스펙트럼 분석 시 무작위 난수를 발생시켰으며, 무작위로 전체 500개의 데이터 중 70%는 calibration set에 나머지 30%는 validation set에 배치하였음. 최종적으로 calibration set에는 366개의 데이터가 validation set에는 134개의 데이터가 배치되었으며, 개발된 모델에 대해 training set과 test set에서 획득한 정확도(accuracy, %)를 평가하고, 전처리 방법에 따른 베타 계수(beta coefficient)를 획득함.

### ○ Band selection 을 통한 이차 모델 개발

- 이차 모델 개발은 570 - 585nm 범위의 77개 밴드를 선택하여 개발됨. 분석을 위해 초기 모델 개발에 사용되었던 것과 마찬가지로 PLS-DA 모델을 사용하여 모델 제작을 진행함.
- 스펙트럼의 노이즈 제거를 위해 mean, max, range normalization을 진행하였으며, 그 밖에도 MSC, SNV, Savizky Golay 1st와 Savizky Golay 2<sup>nd</sup> 방법의 전처리 기법을 이용하여 파장의 전처리를 진행.
- 이후 전처리가 진행된 파장을 training set(70%)과 test set(30%)으로 나눠 분석하였으며, training set과 test set 각각에서 획득한 정확도(accuracy, %)를 평가하고, 전처리 방법에 따른 베타 계수(beta coefficient)를 획득하였음.
- 파장에 대한 분석은 Matlab 2020b(MathWorks, Natick, MA, USA)를 이용하여 진행되었음.

## 3) 결과 및 고찰

### ○ 초기 모델

- 그림 3은 각각의 전처리 기법에 따라 변형된 스펙트럼 파장을 평균하여 표현한 그래프임.
- 그림 3에서는 500nm 이하의 값이 음수(-) 값으로 표현되었는데, 이는 계란의 난각에 포함된 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>) 결정으로 인하여 500nm 이하의 빛은 투과하지 못하기 때문으로 알려짐.
- 일반적인 헤모글로빈의 흡광 파장은 415, 539, 577nm로 알려졌으며, 갈색 계란에 포함된 난각색 물질 Protoporphyrin IX(PPIX)의 흡광 파장은 539, 589, 643nm로 보고됨. 하지만 헤모글



로빈 415nm의 파장은 난각에 의해 차단되어 신호가 검출되지 않으며, 539nm는 PPIX와 흡광 파장 영역이 겹쳐 활용할 수 없음.

- 최종적으로 헤모글로빈 검출을 위해 사용되어야 하는 파장은 577nm의 파장이었으나, 평균 파장 스펙트럼(그림 3, 4)에서는 흡광 intensity의 큰 차이를 볼 수 없었음.

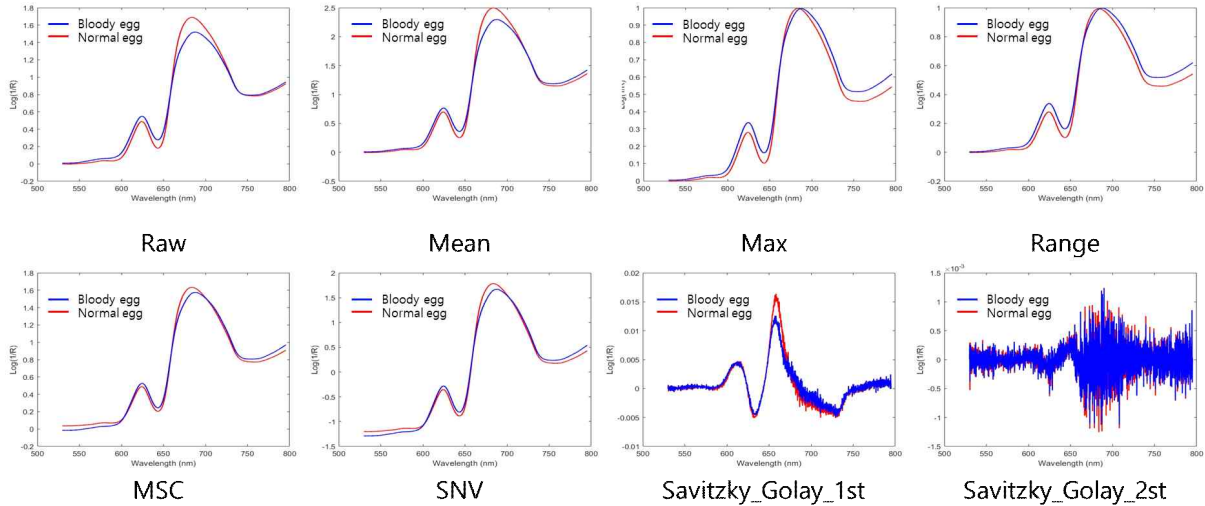


그림 1-3. 각각의 전처리 기법에 따른 평균 파장.

- 그림 4는 mean normalization 전처리를 거친 파장과 그에 따른 베타 계수(beta coefficient) 결과를 비교한 그림임.
- 베타 계수가 높거나 낮은 지점은 모델 구축에서 중요한 요소로 작용하였다는 것을 의미하는데, 전처리 데이터 각각의 파장 평균에서는 큰 차이를 보이지 않았지만, 베타 계수 결과 577nm의 파장에서 낮은 베타 계수 값을 보였으며, 이는 결과적으로 헤모글로빈이 흡광 파장으로 본 파장대가 높은 연관성을 가지는 것을 나타냄.

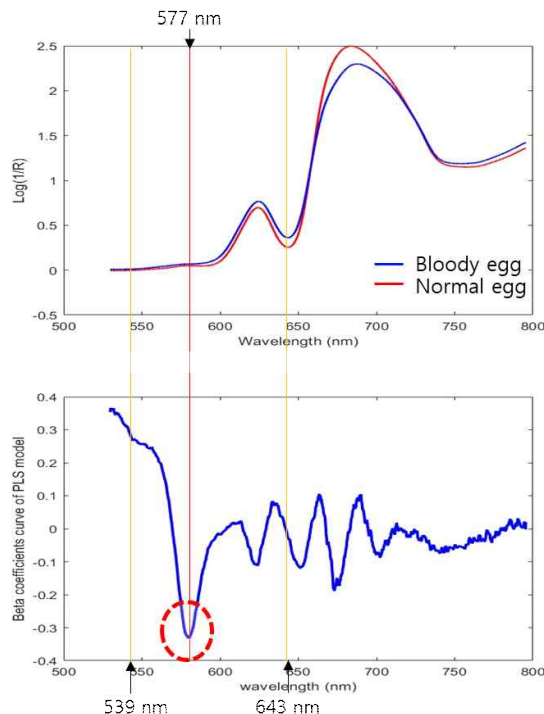


그림 1-4. Mean normalization 전처리 모델의 분류 결과.

- 전처리 데이터를 통해 구축된 분류 모델 결과 대부분의 모델에서 분류 정확도 90%를 넘는 결과를 보였으며, 전처리 방법중 normalization 기법에 속하는 Mean, Max, Range normalization 방법의 결과가 높은 분류 정확도를 보였음(표 1-1).
- 그에 반해 Savitzky\_Golay 1차 미분 방법과 2차 미분 방식의 전처리는 혈란의 검출 분류를 정확하게 수행하지 못함.

표 1-1. 각각의 파장 전처리 모델에 대한 초기 모델 결과

Treatment	Total Accuracy(%)					
	Calibration set (n = 366)			Validation set (n = 134)		
	Bloody egg	Normal egg	Total	Bloody egg	Normal egg	Total
Raw	100	98.3	99.1	100	98.6	99.3
Mean norm	100	99.4	99.7	100	98.6	99.3
Max norm	100	99.4	99.7	100	98.6	99.3
Range	100	98.8	99.4	100	95.8	97.9
MSC	100	99.4	99.7	98.6	91.6	95.0
SNV	100	97.7	98.8	98.6	91.6	95.0
Savitzky_Golay_1st	100	99.4	99.7	88.4	83.1	85.7
Savitzky_Golay_2 <sup>nd</sup>	99.4	97.1	98.3	59.4	47.9	53.6

\* norm: normalization

○ 파장 선택 2차 모델

- 파장 선택은 헤모글로빈 검출 파장인 577nm 기준으로 이루어졌으며, 최종적으로 570~585nm 파장을 선택하여 분석에 활용함.
- 결과적으로 선택된 파장 중 베타 계수 값은 577.5nm 파장에서 가장 급격한 변화를 보였음.

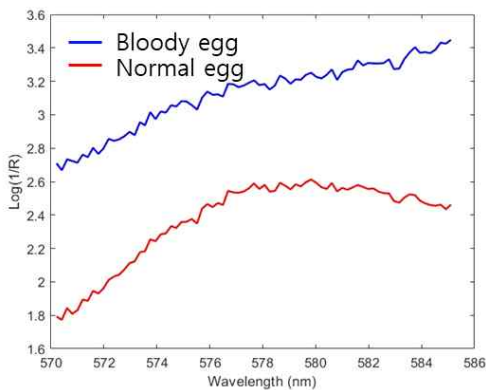


그림 1-5. Range normalization 전처리를 이용한 평균 spectrum 값.

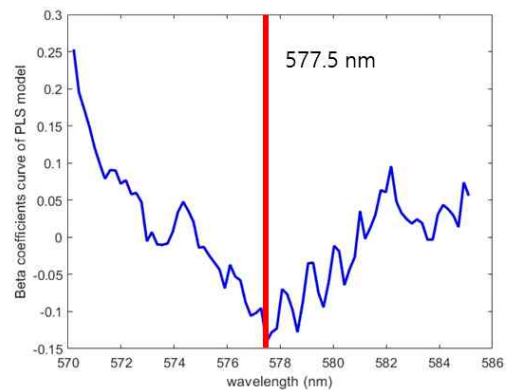


그림 1-6. Range normalization 전처리를 통해 획득된 beta coefficient 결과.

- 선택된 파장에 대해 2차 모델 결과는 표 2와 같으며, Max normalization 기법과 Range normalization 기법에서 가장 높은 분류 정확도(95.2%)를 나타냄.

표 1-2. 각각의 파장 전처리 모델에 대한 2차 모델 결과

Treatment	Total Accuracy(%)					
	Calibration set (n = 366)			Validation set (n = 134)		
	Bloody egg	Normal egg	Total	Bloody egg	Normal egg	Total
Raw	83.2	92.4	87.9	68.8	89.9	78.8
Mean norm	90.4	97.1	93.8	93.5	95.7	94.5
Max norm	89.8	97.7	93.8	92.2	98.6	95.2
Range norm	88.0	98.8	93.5	90.9	100	95.2
MSC	65.3	97.7	81.7	55.8	100	76.7
SNV	85.6	95.9	90.8	70.1	95.7	82.2
Savitzky_Golay_1st	82.6	84.8	83.7	67.5	79.7	73.3
Savitzky_Golay_2 <sup>nd</sup>	82.6	79.5	81.1	63.6	65.2	64.4

\* norm: normalization

- 그림 1-7은 Range normalization 전처리를 거친 모델의 분류 결과로 calibration set과 validation set 모두에서 혈란이 있는데, 정상란으로 판단해버리는 false negative error(type 2 error)가 발견되었으며, 이를 해결하기 위한 추가 연구가 필요함.

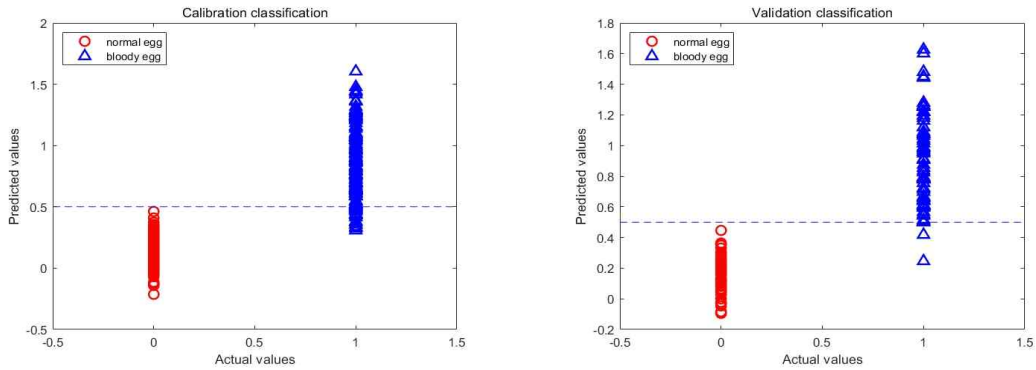


그림 1-7. Mean normalization 전처리 모델의 분류 결과.

## II. 실험용 계란 이송장치 구축 및 이상란 제작

### 1) 계란 이송장치 구축

- 계란 이송장치 구축을 위해 에그텍으로부터 도면을 받아 제작에 활용하였음.
- 본 연구의 당초 목표는 저속과 고속으로 작동되는 계란 이송기를 제작하는 것이 목표였으나, 속도 조절이 가능한 통합 이송시스템을 제작함.

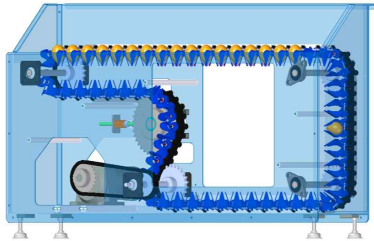


그림 1-8. 계란 이송시스템 도면 (정면).

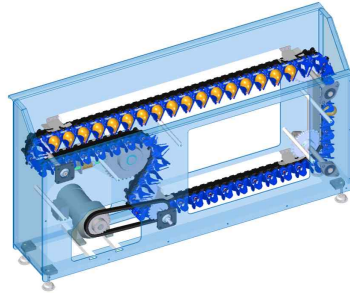


그림 1-9. 계란 이송시스템 도면 (측면).



그림 1-10. 완성된 계란 이송 시스템.

### 2) 계란 이송장치에 스펙트로미터 시스템 장착

- 구축된 계란 이송장치에 혈란 및 이상란 검출을 위해 제작된 검출장치를 장착하여 초기 신호 획득에 관한 연구를 진행하였음.
- 발광부는 계란이 위치한 고정장치에서 계란과의 각도가 30° 가 되도록 30mm 거리를 두어 위치시켰으며, 계란으로부터 투과된 빛을 획득하는 수광부(OceanHDX으로부터 연결된 light fiber)는 계란과 10mm 거리에 약 30° 각도로 위치시켜 파장을 획득할 수 있게 설치됨.

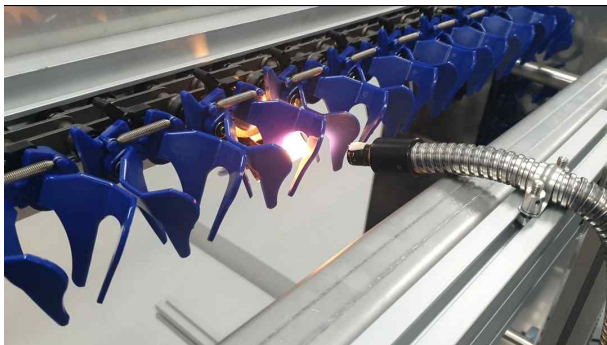


그림 1-11. 장착된 계란 이송 시스템 1.



그림 1-12. 장착된 계란 이송 시스템 2.

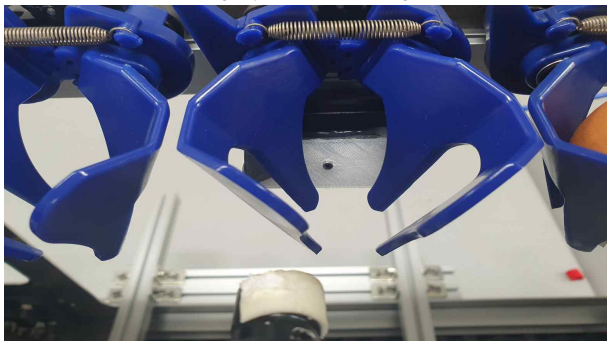


그림 1-13. 이송장치에 장착된 수광부.

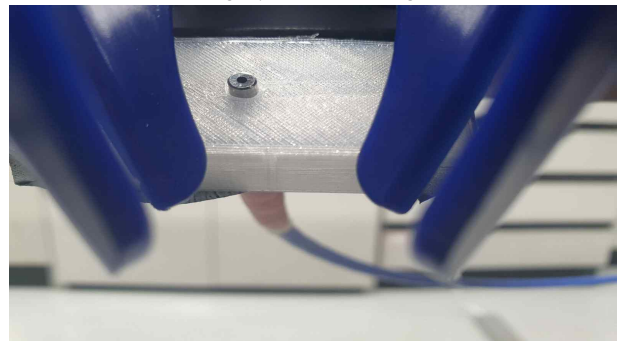


그림 1-14. 이송장치에 장착된 수광부 광파이버.

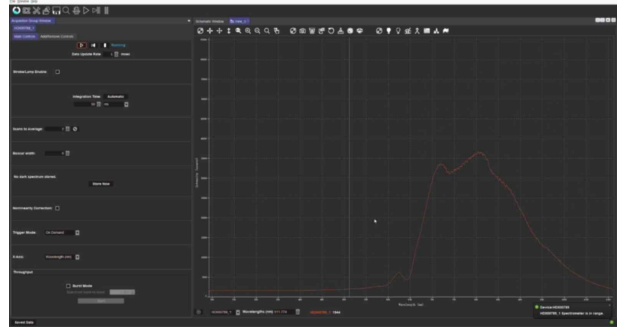
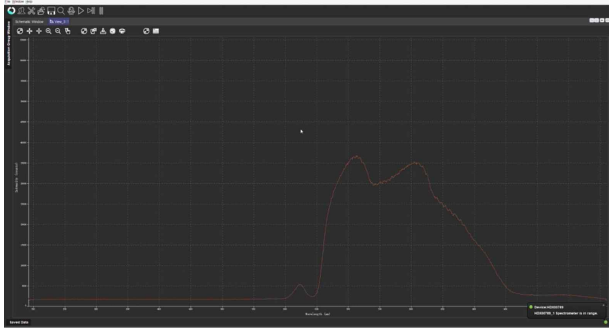


그림 1-15. 저속 이동 중 획득한 스펙트럼 데이터. 그림 1-16. 고속 이동 중 획득한 스펙트럼 데이터.

- 계란 이송장치의 속도를 최대로 하여 계란에 대한 신호를 획득하였으며, 저속 이동이나 또는 고속 이동 중에도 계란에 대한 스펙트럼 신호를 문제없이 획득할 수 있었음 (그림 6, 7).
- 추가적으로 현재 계란 이송시스템에 장착된 시스템에 대한 추가적인 최적화 과정이 필요함.
- 혈란에 대한 신호(577nm 파장) 영역은 정상란의 신호영역과 파장 intensity 영역에서 큰 차이를 보이지 않는데, 순간적으로 획득하는 intensity 값을 늘려야 하며, 정확한 계란 신호를 획득하기 위한 Hardware trigger 또는 software trigger 기능 탑재가 필요하다고 판단됨.

### 3) 내부 이상란 제작

#### ○ 부패란 제조

- 부패란(Rotten egg)은 자연에서 미세 난각 깨짐에 따라 분변이나 외부 환경의 미생물이 계란 내부로 침투함에 따라 발생.
- 인공적인 부패란의 제작을 위해 분변이 묻은 정상란을 껍질이 포함된 채로 50mL 샘플 컵에 넣고 분쇄하였으며, 이를 37°C 인큐베이터에 3일간 보관하여 부패시켰음.
- 부패 된 전란은 고형분 제거를 위해 50 mL 튜브로 옮겨졌으며, 이를 3,500rpm에서 10분간 원심분리하여 고형분을 제외한 액상만을 분리해냄.
- 분리된 액상을 3mL 주사기를 통해 신선란에 1.5 mL씩 주입하였으며 이를 1~3일간 37°C 에서 저장하며 부패란을 제작함.

#### ○ 난황 파괴란 제조

- 난황 파괴란(yolk broken egg)은 계란 셰이커(Golden Egg Shaker, SY-A001, China)를 사용하였으며, 정상란을 1분간 균질하여 제작되었음.

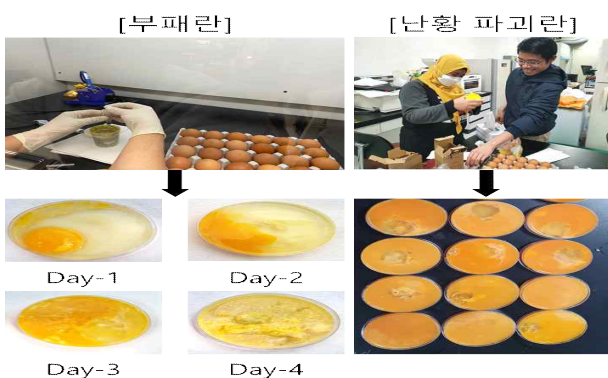


그림 1-17. 부패란 및 난황 파괴란 제조 과정.

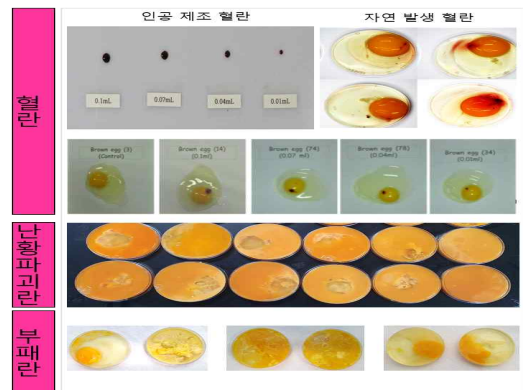


그림 1-18. 제작된 이상란.



## [2년차 과제수행 내용]

### I. 이상란 분광 DB 구축

#### ○ 실험 재료

- 이상란 분광 DB 구축은 은 코팅 램프와 금 코팅 램프에 대하여 동시에 진행되었으며, 혈란과 정상란의 각 요소별 파장 차이에 대해 구명하는 실험을 진행하였음.
- 정상란과 혈란은 모두 경기도 안성에 위치한 grading and packaging(GP) 센터인 (주) 금강 LF에서 획득하였으며, 산란 후 24시간 이내의 계란을 연구에 활용하였음. 농장에서 실험실로 돌아온 즉시 모든 계란 샘플에 대한 투광 판정을 진행하였으며, 깨진 계란을 샘플에서 제거함.
- 실험에 사용된 샘플은 10개의 정상란 샘플과 5개의 혈란 샘플, 5개의 육반 및 혈반 샘플이 사용되었음. 획득한 정상란 샘플은 할란하여 난백, 난황, 난각으로 각각 나누어 패트리디쉬(Ø : 90mm, height: 15mm)에 보관하였으며, 혈란의 경우도 할란하여 혈이 있는 난백, 혈이 있는 난황, 육반 및 혈반으로 각각 나누어 패트리디쉬에 샘플링하였음. 패트리디쉬에 샘플링이 끝날 때까지 모든 샘플은 5°C 저온에 보관하였으며, 이후 실험에 활용함.

#### ○ 실험 방법

##### ① 계란의 각 요소별 Spectrum 획득

- 본 실험에 사용된 spectrometer는 visible near infrared(VIS/NIR) 영역의 파장(192~1,110nm)을 검출 가능한 제품(Ocean HDX, Ocean Insight, Inc., New York, USA)을 실험에 이용하였음. 측정된 파장의 spectra resolution은 0.5nm의 간격으로 설정되어 총 2,068개의 파장으로 구성됨.
- 측정을 위해 간이 형식의 테이블을 제작하였으며(그림 1a, 2b), 발광부는 focusing lens를 달아 빛이 원하는 region of interest(ROD)만 비출 수 있게 하였음. 수광부의 경우 샘플 홀더 밑쪽에 배치하였으며, 들어오는 빛의 양을 줄이기 위해 gershun tube에 FOV가 1° 인 disk를 장착하여 빛이 saturation 되는 것을 막음.
- 데이터 획득은 금 코팅 할로겐램프와 은 코팅 할로겐램프 두 종류에 대하여 모두 측정되었으며, 계란의 각 요소(egg shell, meat spot or blood spot, bloody albumen, bloody yolk, normal albumen, normal yolk)에 대한 파장을 획득하였음. 또한 비교를 위해 증류수 10mL을 패트리디쉬에 채워 측정함.



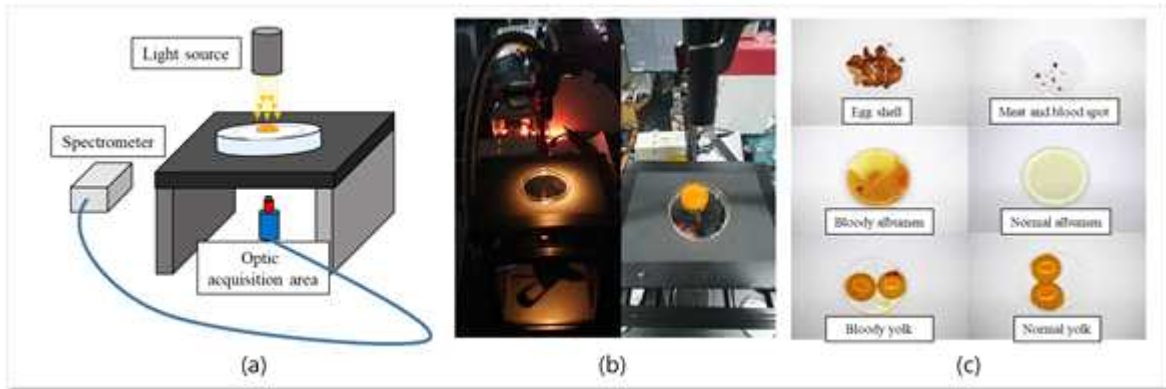


그림 2-1. 이상란 분광 DB 구축을 위한 계란 요소별 파장 획득 실험 과정.

## ② Data calibration

- 파장의 calibration은 스펙트럼에서 조명의 패턴 제거를 목적으로 진행됨. 각각의 조명들은 광 패턴을 지니고 있으며, 스펙트럼 측정 시 온전한 샘플 결과를 획득하기 위해서는 조명 패턴과 스펙트로미터 자체가 가지고 있는 노이즈들을 제거해야만 함.
- 광 패턴 제거를 위해 white reference를 측정하였으며, 센서 자체 노이즈 제거를 위해 dark reference를 측정하였음. 본 연구에서 파장의 Calibration은 식(1)과 같이 진행됨.

$$\text{Calibration sample band} = \frac{B-D}{W-D} \text{ ----- (1)}$$

- 이때 ‘W’ 는 white reference 값, ‘D’ 는 dark reference 값을 나타냄. 그리고 ‘B’ 는 각각의 파장 별 획득한 데이터의 intensity를 의미함. 파장의 calibration에 이용되는 dark reference를 위해 암실 상태에서 gershun tube의 뚜껑을 닫아 스펙트럼을 10회 반복하여 촬영하였으며, white reference를 위해 계란이 없는 상태에서 gershun tube 앞에 두께 0.5mm, 직경(Ø) 10mm의 white teflon disk를 달아 할로젠램프의 파장을 10회 측정하였음. 이후 획득한 각각의 파장을 평균 낸 평균값을 파장 calibration에 이용함.

## ○ 결과 및 고찰

### ① Halogen-tungsten lamp spectra

- 본 연구에 사용된 금 코팅 할로젠램프와 은 코팅 할로젠램프의 파장 영역은 그림 2-2와 같음. 은 코팅 램프는 400~700nm의 범위의 파장 영역의 빛을 방출하였으며, 금 코팅은 500~1,100nm의 범위의 빛을 방출하는 것을 확인할 수 있었음.
- 은 코팅 할로젠램프는 금 코팅 할로젠램프보다 blood sensitive 영역이라고 알려진 565~585nm 범위에서 더 높은 intensity 값을 보였으며, hemoglobin이 반응하는 577nm 범위 영역의 빛의 강도 또한 금 코팅 램프보다 높은 것을 확인할 수 있었음. 반면 은 코팅 램프는 700nm 이상의 빛이 검출되지 않았는데, 이러한 영역별 빛의 세기 차이가 불필요한 영역에 대한 노이즈를 줄이고, hemoglobin에 대한 분류 정확도를 끌어 올릴 수 있다고 판단됨.

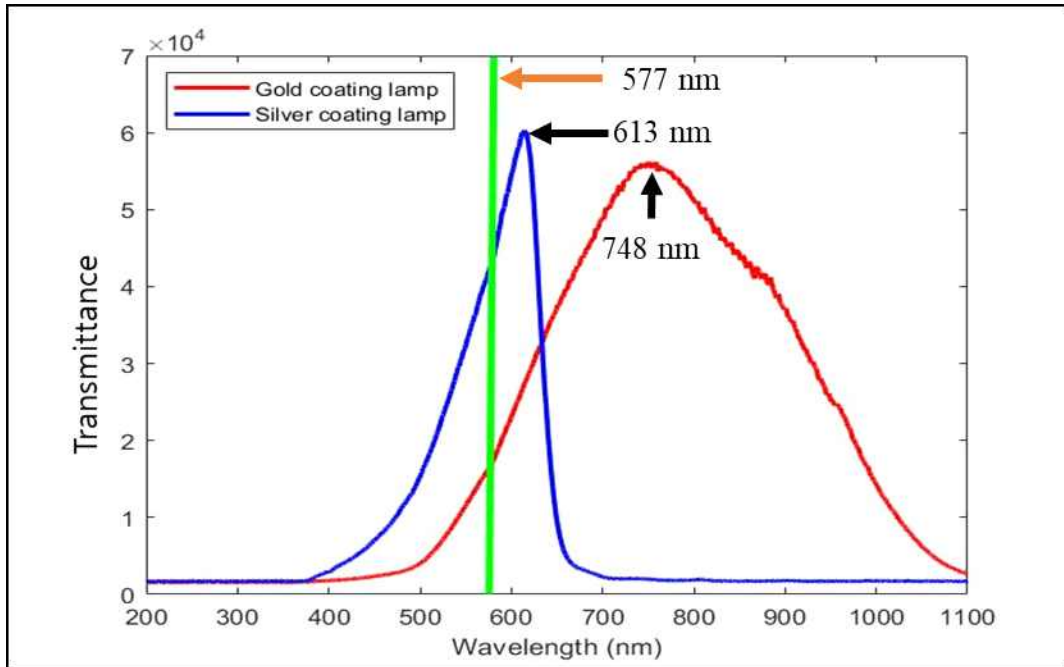


그림 2-2. 금 코팅, 은 코팅 램프의 광 패턴.

② Spectra of each egg element

- 그림 2-3은 계란을 각 요소별(Albumen, bloody albumen, yolk, blood yolk, Meat/blood spot, egg shell)로 분리하여 각 요소에 대해 은 코팅 램프와 금 코팅 램프의 스펙트럼을 각각 확인한 결과를 보여줌. 혈란 난백, 혈란 난황, 혈반/육반에 대해 은 코팅 램프와 금 코팅 램프를 투광방식으로 획득한 파장을 살펴보았을 때(그림 3b, 그림 3d), 565~585nm 영역의 intensity가 정상란 보다 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었음.
- 이는 hemoglobin이 577nm 영역의 파장에 반응하여 빛을 흡수하기 때문으로 판단되는데, Brant et al.(1953)는 혈액이 섞인 흰색 계란에서 투광방식으로 스펙트럼을 측정하였을 때 난백과 meat/blood spot이 일반 난백보다 intensity가 떨어진다고 보고하였으며, 이러한 이유가 혈란을 검출할 수 있는 이유가 된다고 언급하였음.
- 난각은 탄산칼슘으로 구성되어 있으며, 탄산칼슘은 550nm 영역 이하의 파장을 차단한다고 알려짐. 본 연구에서도 은 또는 금 코팅 램프 사용 시 550nm 이상에서 파장의 intensity가 증가하는 것을 확인할 수 있었음. 또한 난각의 경우 protoporphyrin IX(PPIX)를 함유하고 있어 643nm에서 흡광된다 알려졌는데(Brant et al.,1953), 본 연구에서도 640nm 영역에서 파장 intensity의 감소가 관찰되었음.

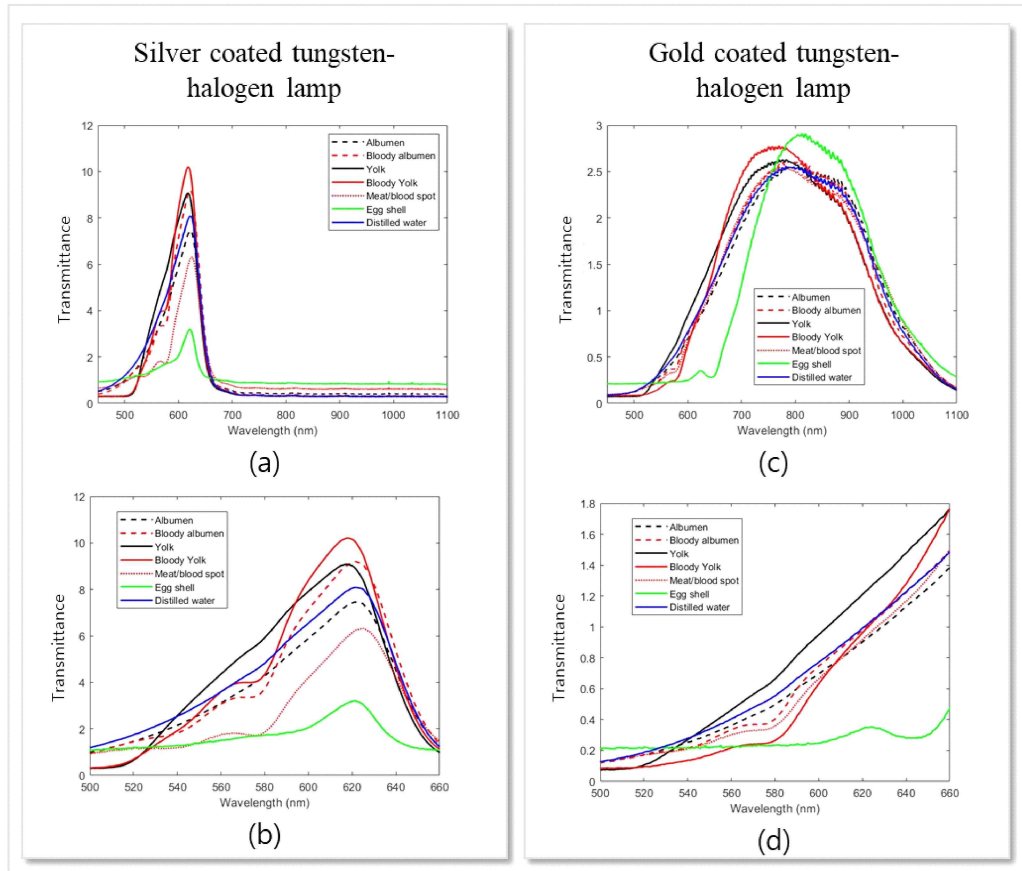


그림 2-3. 금 코팅 램프와 은 코팅 램프를 활용한 계란의 각 요소별 파장 비교.

○ 결론

- 본 실험은 금 코팅 램프와 은 코팅 램프로 각 계란의 요소별 스펙트럼을 비교하였을 때의 차이점을 확인하기 위해 실시됨.
- 기존의 연구 결과들과 마찬가지로 본 연구에서도 hemoglobin 흡광 파장인 577nm의 영역에서 transmittance 방식의 투광 시 혈란의 intensity가 감소하는 것을 확인할 수 있었음.
- 또한 은 코팅 램프와 금 코팅 램프의 파장 비교를 통해 hemoglobin 영역과 가까운 파장인 은 코팅 램프 사용 시 파장의 intensity 차이를 증가시켜 분류 정확도를 증가시킬 수 있는 가능성을 보여주었음.

## II. 최적 파장 조합 모델 개발

### ○ 실험 재료

- 실험에 사용된 샘플은 총 혈란 50개와 정상란 50개, 난황파괴란 68개를 실험에 이용하였음
- 난황파괴란은 농장에서 구입한 정상란을 깨지 않은 채 섞는 계란 셰이커(SY-A001, FTVOGUE, China)로 1분간 회전시켜 제조함.
- 혈란과 난황파괴란을 포함한 모든 계란 샘플은 실험 직전까지 5℃ 저온에 보관되었으며, 각각의 계란에 대한 스펙트럼 획득이 끝난 이후 모든 계란을 할란하여, 내부 이상 여부를 확인하였음(그림 4).

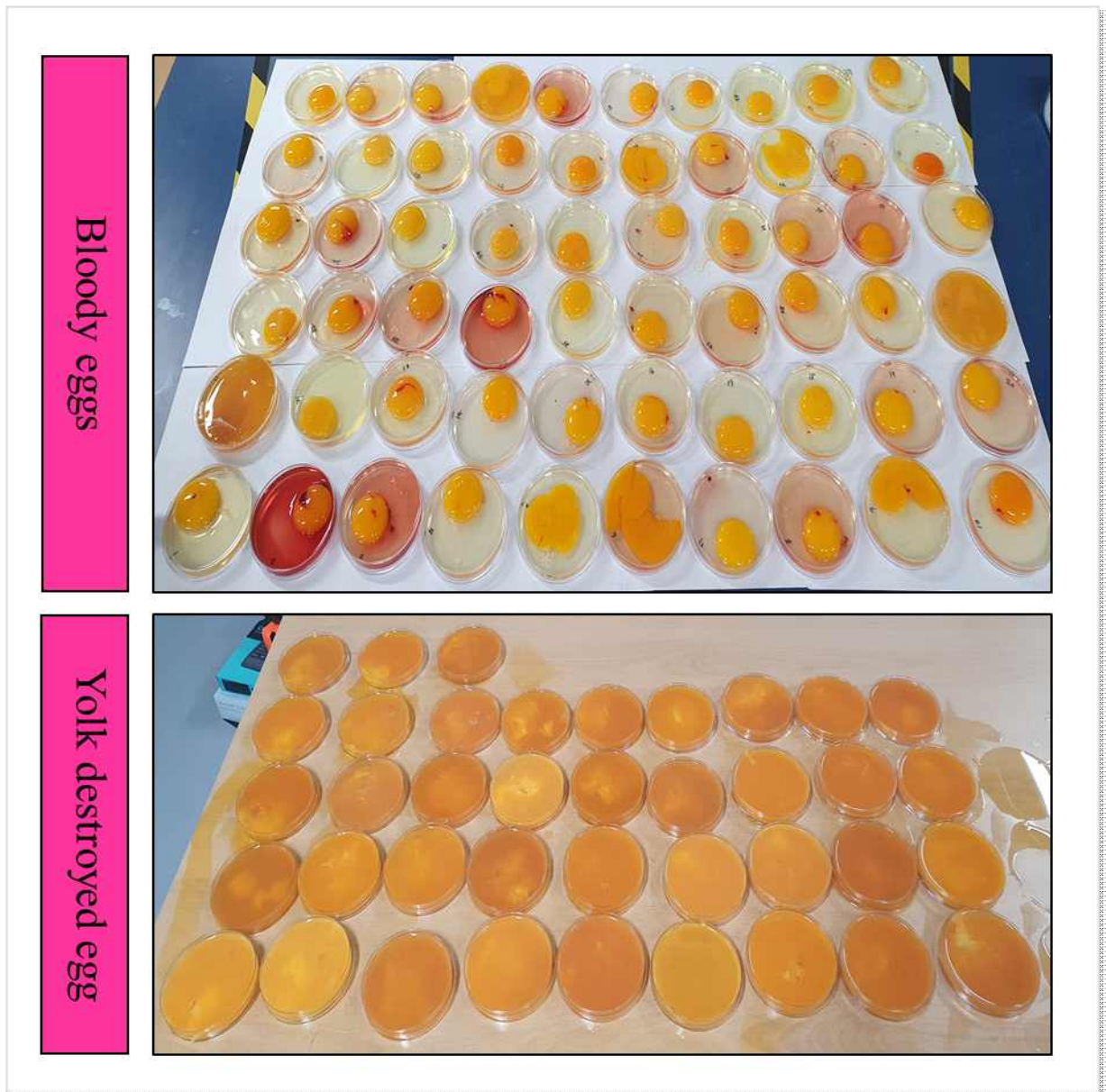


그림 2-4. 실험에 사용된 혈란과 난황파괴란 샘플을 할란하여 내부를 확인하는 모습.

## ○ 실험 방법

### ① 실험 디자인

- 본 실험은 3×2 factorial design 방식으로 구성하였음. 빛의 saturation 이 일어나지 않는 3 가지의 각기 다른 수광부, 발광부의 위치와 2 가지의 다른 할로겐램프를 사용하여 총 6 개의 그룹에 대한 실험조건을 설정함(그림 5).
- 실험에 사용된 spectrometer 는 visible near infrared(VIS/NIR) 영역의 파장(192~1110 nm)을 검출 가능한 제품(Ocean HDX, Ocean Insight, Inc., New York, USA)을 실험에 이용하였음. 측정된 파장의 spectra resolution 은 약 0.5nm 의 간격으로 설정되어 총 2,068 개의 파장으로 구성되었으며, 수광부에는 gershun tube(Gershun tube, Ocean Insight, Inc., New York, USA)를 장착하여 field of view(FOV)가 10° 인 disk 를 장착하여 빛이 들어오는 양을 증가시켰음(그림 6).
- Spectrum 의 측정은 계란의 기실이 위치한 둔부를 위로 향하게 하여 스펙트럼을 획득하였다. 스펙트럼 획득 시 intension time 을 10 milliseconds 로 설정하였으며, 10 번의 데이터를 평균하여 최종적인 데이터를 획득하였음.
- 스펙트럼 획득 시 광원은 light bank (LS-F150HS Light bank)에 장착하여 사용하였으며 할로겐램프는 금 코팅 제품(JCR12V, Ushio Inc., Japan)과 은 코팅 제품(JCR12V, Ushio Inc., Japan)을 연구에 활용하였음.
- 발광부의 경우 빛이 계란에 빛이 직접 조사될 수 있도록 light guide(GS5-100F, Seokwang Optical Co., LTD, Korea)를 이용하여 연결하였으며, 빛이 계란의 일정 영역만을 조사할 수 있도록 working distance(W/D)가 30mm 에서 10mm 크기의 직경으로 빛을 모을 수 있는 collimator 렌즈(AL-15H, Seokwang Optical Co.,LTD, Korea)를 제작하여 사용하였음.
- Condition 1 은 센서와 광이 수직이 되게 설정하였으며, Condition 2 는 수광부의 위치는 condition 1 과 동일하게 설정하였고, 발광부의 위치를 약 45° 가량 내려 빛이 계란에 직접 조사될 수 있도록 함. Condition 3 은 발광부와 계란이 수평이 되게 설정하였으며, 수광부의 위치를 계란의 중심 위치를 기준으로 약 45° 뒤쪽으로 하여 데이터를 획득함.
- 모든 조건들에서 발광부의 위치는 계란이 위치한 고정 장치로부터 30mm 거리를 두어 위치시킴. 계란으로부터 투과된 빛을 획득하는 수광부(스펙트로미터로부터 연결된 light fiber)는 계란과 10mm 거리에 위치시켜 파장을 획득할 수 있게 함.
- 총 150 개의 계란(혈란 50 개, 정상란 50 개)에 대한 분광 스펙트럼은 각각의 계란을 회전시켜 5 반복씩 측정되었으며 총 750 개의 스펙트럼을 획득하였음.



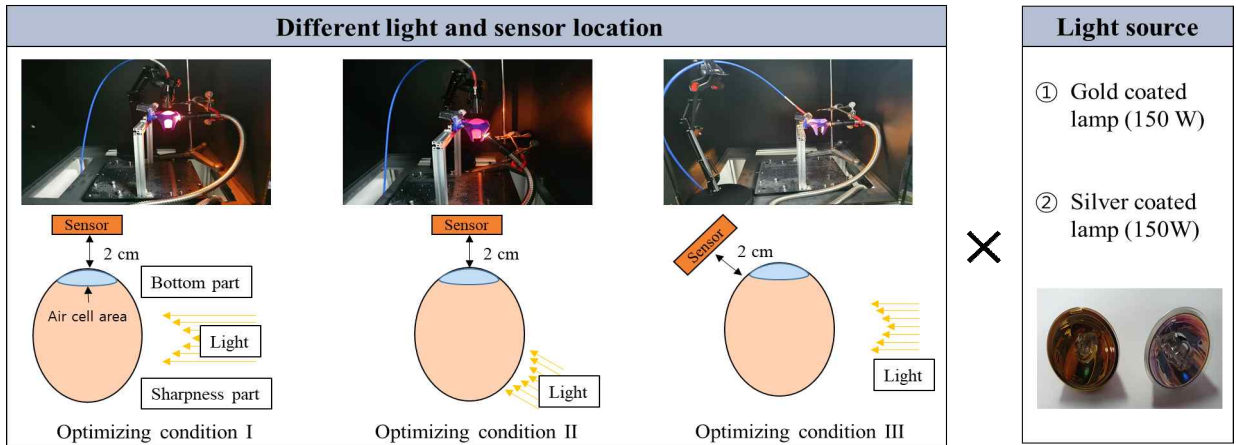


그림 2-5. 실험 디자인 도면.

### ② 데이터 calibration

- 파장의 calibration은 스펙트럼에서 조명의 패턴 제거를 목적으로 진행됨. 각각의 조명들은 광 패턴을 지니고 있으며, 스펙트럼 측정 시 온전한 샘플 결과를 획득하기 위해서는 조명 패턴과 스펙트로미터 자체가 가지고 있는 노이즈들을 제거해야만 함.
- 광 패턴 제거를 위해 white reference를 측정하였으며, 센서 자체 노이즈 제거를 위해 dark reference를 측정하였음. 본 연구에서 파장의 calibration은 식(1)과 같이 진행되었음. 이때 ‘W’ 는 white reference 값, ‘D’ 는 dark reference 값을 나타냄. 그리고 여기서 ‘B’ 는 각각의 파장 별 획득한 데이터의 intensity를 의미함.
- 파장의 calibration에 이용되는 dark reference를 위해 암실 상태에서 gershun tube의 뚜껑을 닫아 스펙트럼을 10회 반복하여 촬영하였으며, white reference를 위해 계란이 없는 상태에서 gershun tube앞에 두께 0.5mm, 직경(Ø) 10mm의 white teflon disk를 닫아 할로겐램프의 파장을 10회 측정하였음. 이후 획득한 각각의 파장을 평균 낸 평균값을 파장 calibration에 활용함.



Gershun tube



Collimator lens



그림 2-7. white calibration teflon disk.

그림 2-6. 수광부 발광부 accessory.

### ③ Data preprocessing

- 획득된 스펙트럼에는 무작위 노이즈(noise), 빛의 방향에 따른 길이 변화 노이즈, 샘플에서 발생하는 빛의 산란(scattering) 노이즈 등의 많은 노이즈가 포함되어 있음. 따라서 데이터 중에 포함되어 있는 중요 파장 정보와 불필요한 노이즈 정보를 분리하기 위해 적절한 수학적 분석을 통해 스펙트럼의 사전 처리가 필요함(Rinnan et al. 2009).



- 본 연구에서는 정규화 방법(minimum, maximum, range normalization)을 포함한 몇 가지 스펙트럼 전처리 방법(Standard normal variate(SNV), multiplicative scatter correction(MSC), Savitzky-Golay(SG) 1st derivative method, SG 2nd derivative method 등)을 데이터 전처리에 활용하였음. 또한 초기 모델 개발 시 추가적인 노이즈 제거를 위해 전체 파장 영역(192~1,110nm) 중 500~680nm의 파장 영역을 선택하여 모델을 구축함.

#### ④ PLS-DA 분석

- Partial least squares- regression(PLS-R)은 다양한 독립변수 X와 종속변수 Y 사이의 상관관계 평가를 위해 사용되는 다변량 분석법으로 알려짐. PLS-R은 회귀식을 통해 종속변수 Y를 예측하기 위해 사용되는 방법이지만, 데이터 분류를 위해 변환하여 사용될 수 있음. 이러한 방법을 Partial least squares-discriminant analysis (PLS-DA)라고 함. (Martens and Naes, 1992)
- PLS-DA는 일반적으로 metabolomic 연구나 transcriptomic 연구에 활용되었으며(Jonsson et al. 2005; Perez-Enciso and Tenenhaus, 2003), 최근 농업 분야의 분류를 위해서도 다양하게 활용되고 있음(Faqeerzada et al. 2020).
- 비록 PLS-DA 기법은 분류하는 그룹이 증가할수록 해석하기 어려워진다는 단점을 가지고 있지만, 클래스의 분리가 최대화됨에 따라 클래스 내 변동성이 낮을 때 soft independent modelling of class analogy(SIMCA)와 같은 분석법보다 우수한 분류 성능을 보여 다양하게 활용되고 있음.
- 본 연구에서는 PLS-DA 분석을 위해 정상란은 '0' 으로(종속변수Y = 0), 혈란 스펙트럼 데이터는 '1' 로(종속변수Y = 1), 그리고 난황과괴란은 '2' 으로 라벨링 하여 데이터를 분류함(종속변수 Y = 2). 분류 모델 개발을 위해 스펙트럼 분석 무작위로 전체 500개의 데이터 중 70%는 calibration set에 나머지 30%는 validation set에 배치하였음.
- 최종적으로 calibration set에는 366개의 데이터가 validation set에는 134개의 데이터가 배치되었음. 개발된 모델에 대해 training set과 test set에서 획득한 정확도(accuracy, %)를 평가했으며, 전처리 방법에 따른 beta coefficient를 획득함.

### ○ 결과 및 고찰

#### ① 스펙트럼 분석

- 그림 2-8은 발광부 및 수광부의 각도와 램프의 종류별 평균 스펙트럼을 보여줌. 모든 조건에서 평균 파장 스펙트럼 분석 결과, 일반적으로 혈란과 난황과괴란 파장이 정상란에 비해 낮은 파장을 나타내는 것을 확인할 수 있었음.
- Titova et al.(2012)은 550~850nm 범위의 투광 방식 VIS/NIR을 이용해 정상란, 부패란, 혈란을 분류하는 실험에서 부패란과 혈란의 파장이 정상란과 비교해 낮은 intensity를 보인다고 보고하였으며, Brant et al.(1953) 또한 transmittance 방식의 혈란 투광 분석 결과 정상란과 비교해 혈란의 파장 intensity가 감소된다고 보고하였음. Chen et al.(2015)은 VIS/NIR을 이용한 흡광 방식의 혈란 분리 시 500~600nm 영역에서 정상란과 혈란의 큰 차이가 있다 보고함.
- 혈란의 경우 absorbance 방식에서는 hemoglobin이 빛을 흡수하기 때문에 intensity가 높아지

며, transmittance 방식에서는 intensity가 낮아지는 모습을 보인다 보고됨.

- 실험 1) 분광 데이터 DB 구축 시 각 요소별(정상 난황, 정상 난백, 혈난황, 혈난백, 육반, 혈반) 파장 결과와 실험 2) 최적 파장 모델 개발에 사용된 혈란의 파장 형태는 기존 보고되었던 자료들과 비슷한 결과를 보였음.
- Condition 1과 Condition 2의 파장 변화를 비교하였을 때 파장의 형태적 변형을 확인할 수 있었음. Condition 1의 경우는 642~708nm 까지 파장의 증가를 확인할 수 있었으나, Condition 2의 경우는 642~682nm 까지 파장의 intensity가 증가하고, 이후 감소하는 경향을 보였음.

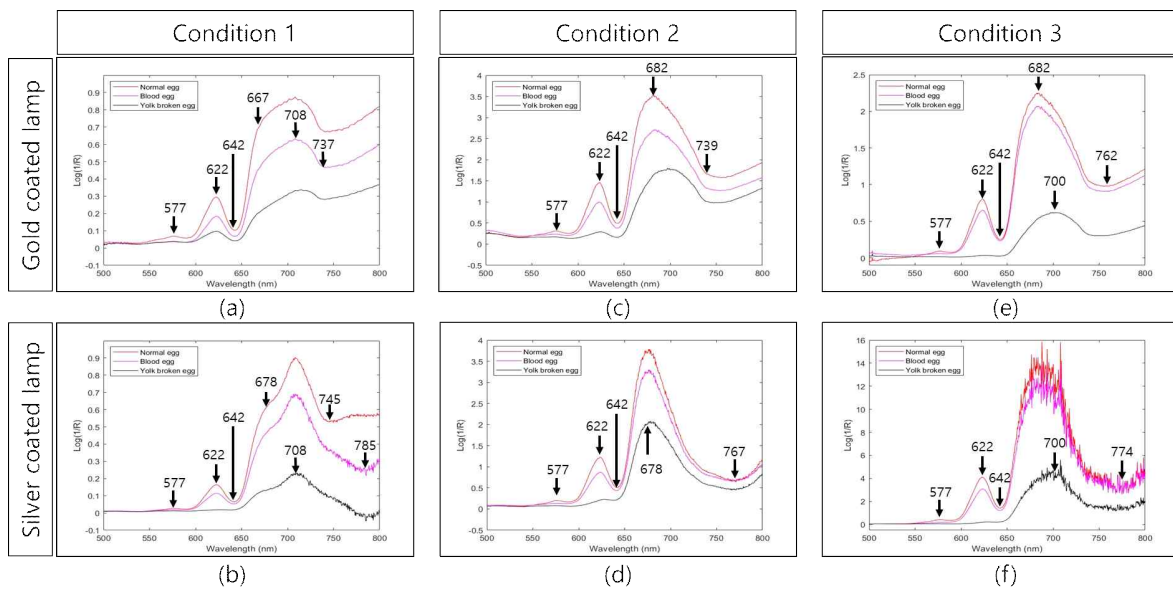


그림 2-8. 금 코팅 램프와 은 코팅 램프로 획득한 이상란과 정상란의 평균 스펙트럼.

## ② 분류 모델

- 광각도 조건(Condition 1)에서 gold coated lamp를 사용한 경우 혈란과 난황과괴란의 분류 정확도가 다른 조건보다 떨어지는 것을 확인할 수 있었음. 평균 스펙트럼 확인 결과 condition 1의 gold 할로젠램프는 550~600nm 범위의 파장 범위에서 난황과괴란과 혈란의 스펙트럼 차이를 보기 어려운 것을 알 수 있었음. 이러한 이유에서 Condition 1의 gold lamp 모델의 분류 정확도가 떨어진다고 판단됨.
- 전처리 데이터를 통해 구축된 분류 모델 결과 대부분의 모델에서 분류 정확도 90%를 넘는 결과를 보였으며, 전처리 방법 중 normalization 기법에 속하는 Mean, Max, Range normalization 방법의 결과가 높은 분류 정확도를 보였다(표 2-1).
- 은 코팅과 금 코팅의 비교 분석 결과 은 코팅 램프와 금 코팅 램프의 분류 결과가 큰 차이를 보이지 않았으며, 경우에 따라 은 코팅 램프를 기반으로 구축한 모델이 높은 분류 정확도를 나타냈음.

표 2-1. 금 코팅과 은 코팅을 활용한 이상란, 정상란 PLS-DA 분류 모델 결과

Experiment	Light source	Pre-processing	Total Accuracy (%)							
			Calibration set				Validation set			
			Normal	Bloody	YB	Total	Normal	Bloody	YB	Total
Condition 1	Gold	Raw	95.1	85.1	81.7	87.3	92.1	85.4	78.1	85.2
		Mean normalization	81.4	86.5	76.4	81.4	76.3	91.3	66.7	78.4
		Savitzky Golay 1 <sup>st</sup> deviation	94.1	82.0	85.6	87.2	89.5	75.7	77.1	80.8
	Silver	Raw	94.4	96.3	100	96.9	100	92.7	97.8	96.8
		Mean normalization	100	92.7	97.8	96.8	100	92.7	93.5	95.4
		Max normalization	100	92.7	93.5	95.4	94.4	90.2	97.8	94.2
Condition 2	Gold	Raw	88.9	94.0	100	94.3	84.0	96.4	100	93.5
		Mean normalization	100	94.5	100	98.2	98.0	96.4	100	98.1
		Max normalization	100	95.9	100	98.6	96.0	96.4	100	97.5
	Silver	Raw	87.8	84.5	100	90.8	89.2	87.0	100	92.0
		Mean normalization	93.9	86.0	99.4	93.1	97.3	90.2	100	95.8
		Range normalization	96.9	88.9	100	95.3	97.3	92.4	100	96.6
Condition 3	Gold	Raw	91.2	94.8	100	95.3	88.6	89.7	98.7	92.3
		Mean normalization	100	96.2	98.3	98.2	100	93.1	97.3	96.8
		MSC	100	95.3	96.0	97.7	100	94.3	96.0	96.8
	Silver	Raw	89.4	90.7	99.3	93.1	95.1	89.3	95.9	93.4
		Mean normalization	88.3	88.0	100	92.1	90.2	88.1	98.6	92.3
		Range normalization	90.4	90.3	100	93.6	92.7	85.7	100	92.8

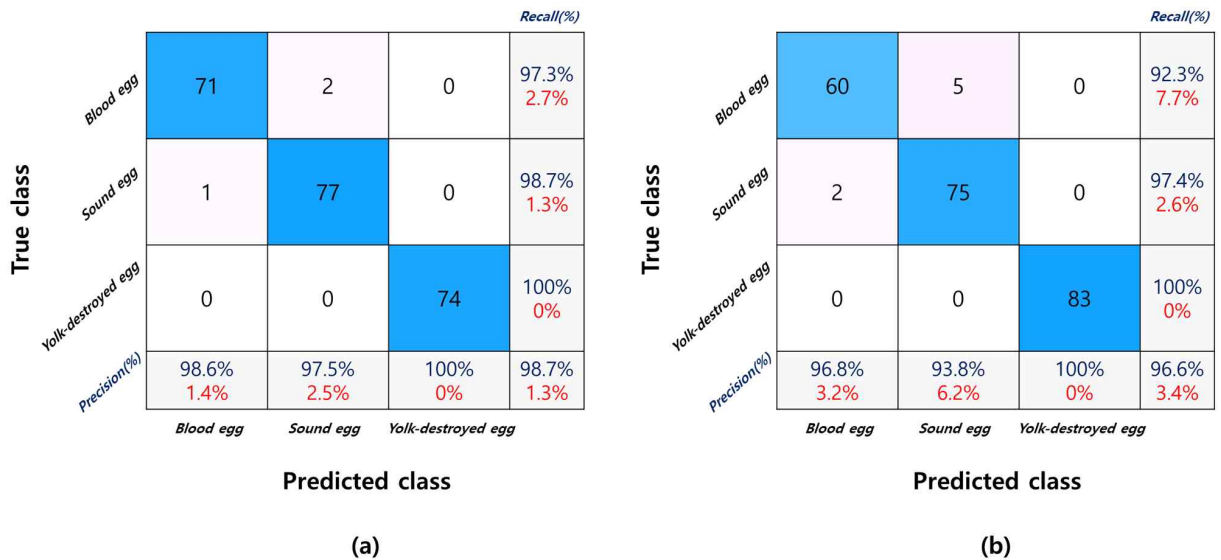


그림 2-9. 금코팅 및 은코팅 최고 성능 모델의 confusion matrix.

③ Beta coefficient

- 그림 2-10은 금 코팅과 은 코팅 램프를 통해 구축된 모델의 beta coefficient를 나타냄.

- Condition 1의 금 코팅 램프를 활용하여 구축한 모델의 경우 다른 모델들과 비교할 때 상대적으로 낮은 분류 정확도를 나타냈는데, 이는 beta coefficient 그래프를 통해서도 확인할 수 있었음. 다른 모델들과는 다르게 condition 1은 577nm의 파장 영역에 대해 모델 구축 시 가중치가 적은 것을 확인하였음.
- Condition 1의 금 코팅 램프 모델을 제외한 다른 모델 모두에서 beta coefficient 577nm 영역 값이 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 모델 구축 시 hemoglobin 흡광 파장인 577nm 영역이 모델 구성에 중요한 변수로 영향 미쳤음을 보여줌.

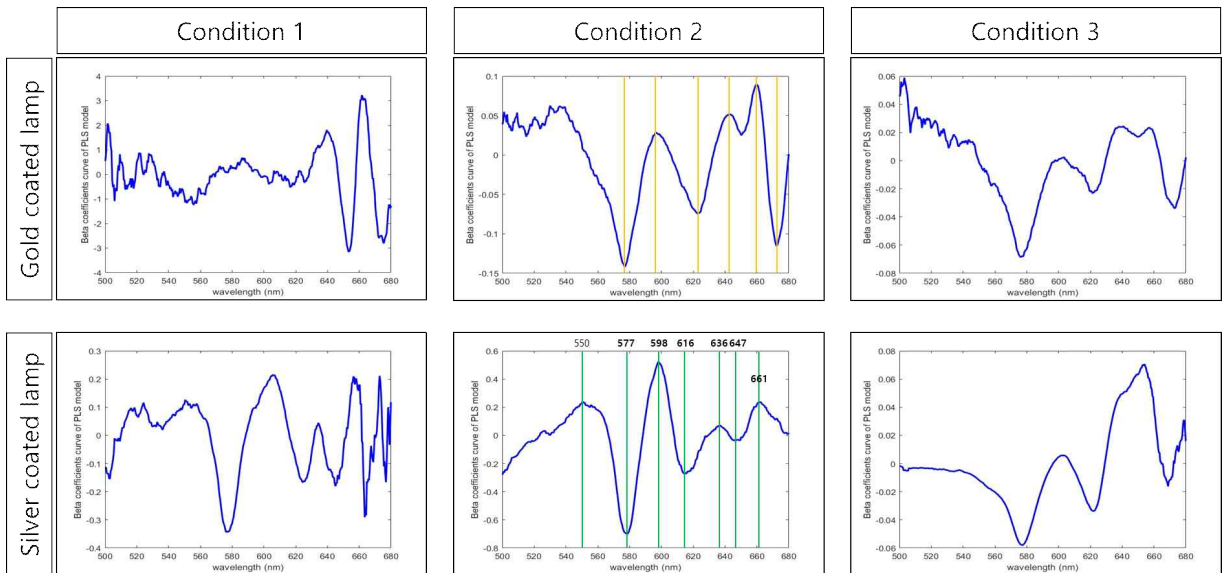


그림 2-10. 이상란 분류 모델의 beta coefficient 결과.

○ 결론

- 본 연구를 통해 구축된 6가지 모델 중 1가지 모델(금 코팅+condition 1)을 제외하고, 90% 이상의 분류 정확도를 나타냈음.
- Condition 2에서 가장 높은 분류 정확도 결과를 보였으며, 금 코팅은 mean normalization 처리를 한 결과가 가장 우수하였음. 반면 은 코팅의 경우는 range normalization을 진행한 처리구에서 높은 분류 결과를 나타냄. 또한 구축된 모델에서 577nm가 중요한 파장으로 확인되는 것을 볼 수 있었음.
- 본 연구의 결과를 통해 은 코팅이 금 코팅 램프를 대체할 수 있는 가능성을 보여주었으며, 추후 추가적인 밴드 선택 방법과 모델 개선을 통해 모델의 간소화와 시스템 구축 시 금액의 절감 가능성을 보여주었음.

### Ⅲ. 실시간 검출용 소프트웨어 및 하드웨어 구축

#### ○ 선별기 수광부 및 발광부 개선

- 과제 초기 디자인한 분광 모듈 예상도(그림 2-11)와 달리 새롭게 개선한 분광 모듈은 발광부의 개수를 한 개로 줄였으며, 빛이 계란에 W/D 30mm에서 10mm 직경으로 빛이 조사될 수 있도록 시스템을 구축하였음(그림 2-12~15).
- 수광부의 경우 FOV를 1~15° 까지 조절이 가능하며, 수광부와 발광부의 최적화를 위해 수광부, 발광부는 2축으로 수광부는 3축으로 각도 조절이 가능하게 디자인하였음.

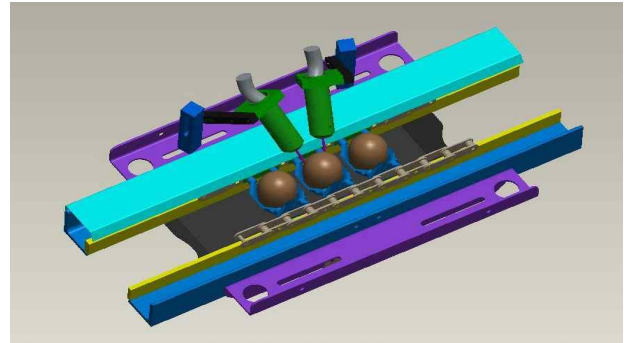
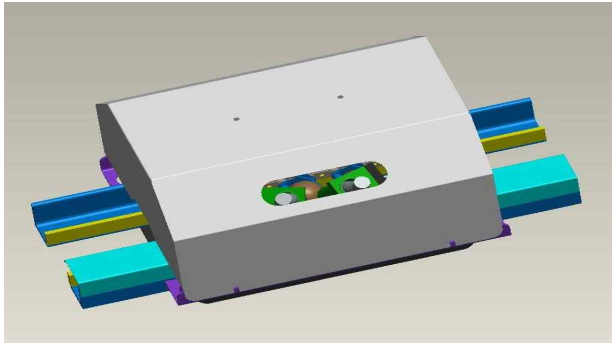


그림 2-11. 초기 선별기에 탈부착이 가능한 분광 모듈 예상도.

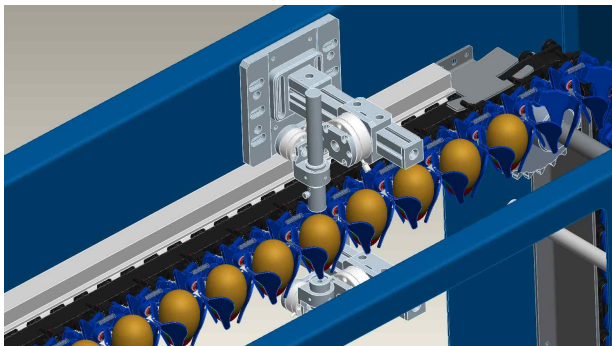


그림 2-12. 개선된 선별기 부착 분광 모듈 개념도.

그림 2-13. 개선된 선별기 부착 분광 모듈.

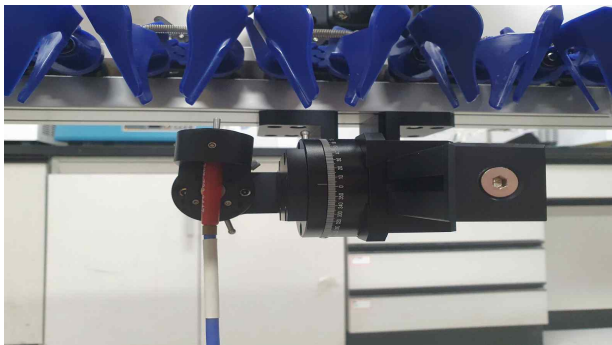


그림 2-14. 제작된 수광부 이미지.

그림 2-15. 제작된 발광부 이미지.

#### ○ 온라인 시스템 프로그램 개발

- 온라인 시스템 개발 목표는 3년차에 진행되어야 하는 연구이지만, 과제 기간 내에 혈란 시스템의 개발을 마치기 위해서는, 계란의 스펙트럼을 온라인상에서 자동으로 획득하는 프로그램 개발이 필수적임.
- 본 연구에서는 C++ 언어와 visual studio를 활용하여, 온라인 시스템 상에서 계란의 신호를



획득하는 프로그램과 모듈을 개발하였음.

### ① System setup

- 혈란 검출을 위한 하드웨어는 그림 2-16과 같이 구축되었음. 구축된 시스템의 구성으로는 모터 속도 조절기 및 계란 시작기, 스펙트럼 측정 광케이블, 발광부 광케이블, 광전레이저 센서 등으로 구성되었음.

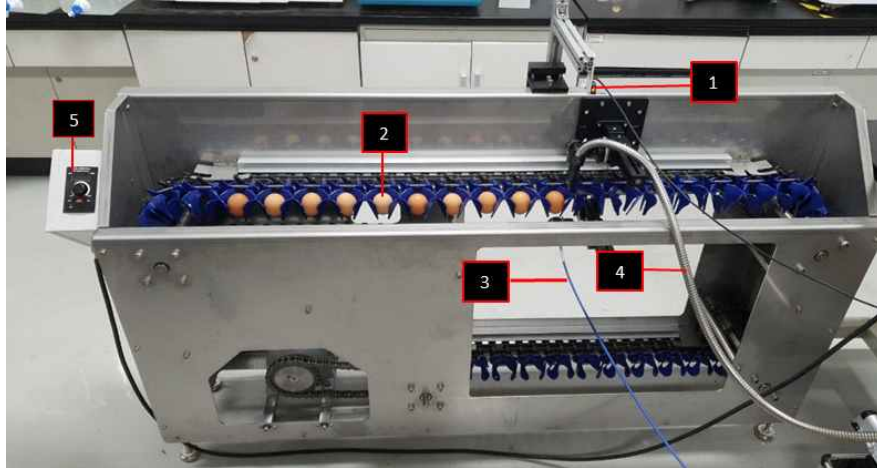


그림 2-16. 하드웨어 시스템 구성: (1) 광전 레이저 센서, (2) 계란, (3) Spectrometer 광케이블, (4) 발광부 광케이블, (5) 모터 속도 조절기.

### ② 온라인 Software 개발

- 사용자의 편의를 위해 제작된 GUI는 Qt company의 Qt 디자이너를 통해 visual studio 2019(Microsoft, USA) 환경에서 제작되었음. 본 연구에서는 Ocean HDX 스펙트로미터 실시간 조작을 위해서, Ocean optics 사에서 제공되는 SDK인 OmniDriver를 활용하였음.
- 소프트웨어 개발에 사용된 C++ 기반 라이브러리는 다음과 같음: Standard Template C++ Library, Armadillo C++ Linear Algebra Library, MLPACK C++ Machine learning Library, Boost C++ libraries. C++ 라이브러리 설치 시 Vcpkg 패키지를 활용하였음.
- 개발된 프로그램은 프로그램 설정 부분, 온라인 데이터 획득 부분, 실시간 분석 부분 3가지로 구축되었음.

### ③ 광전레이저 방식의 계란 검출 센서

- 광전 레이저 센서를 활용하여, 계란의 분광 데이터 측정 시 계란의 존재를 감지하도록 하였음. 레이저 센서는 계란 이송부 위측 부분에 계란과의 거리가 300mm 되도록 수평으로 설치하였음(그림 2-17). 이때 레이저 센서의 파워는 12 V를 사용하였으며, 레이저 센서 신호는 계란과 파란색 플라스틱 계란 홀더가 구분되도록 하였음.
- 레이저 센서의 조작은 Nucleo-64 STM32 마이크로 컨트롤러(NUCLEO-F411RE)를 사용하여 진행되었으며, 마이크로 컨트롤러의 프로그래밍은 STM32Cube IDE 개발 환경에서 진행됨.
- 센서의 신호는 external interrupt 개념을 활용하여 프로그래밍 되었으며, 임베디드 시스템 상에서 external interrupt의 전압 상승(rising edge)과 하강(falling edge)으로 인식됨. 이때 레이저 센서에 계란이 감지되면 전압이 상승하고, 마이크로 컨트롤러는 이를 감지하여 계란의



스펙트럼을 감지하도록 시스템을 구축함.

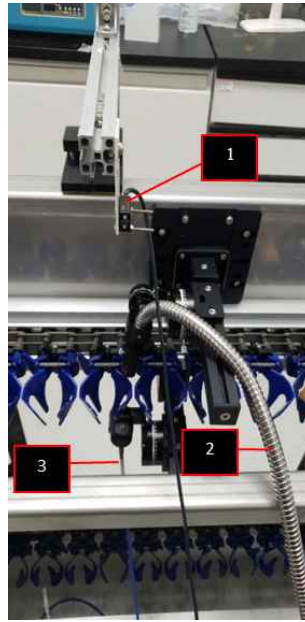


그림 2-17. 계란 on-line분광 모듈 1) 광전 레이저 센서, 2) 발광부 광케이블, 3) 스펙트로미터 광케이블.

#### ④ 온라인 시스템 스펙트로미터 검출부 구성

- 계란의 분광 정보 획득을 위해 VIS/NIR 영역의 Ocean HDX 스펙트로미터(192~1,110nm)를 활용하였음. 스펙트로미터의 광파이버는 gershun tube를 연결하여 계란과의 거리가 1cm가 되도록 설정하였으며, 투광방식의 측정방식으로 데이터 획득이 가능하게 장치를 구성함.
- 스펙트로미터의 자동 측정을 위해 스펙트럼을 외부 트리거(trigger) 모드로 설정하였으며, 외부 트리거로는 광전 레이저 센서를 사용하였음. 스펙트로미터의 트리거 모드 설정시 트리거로부터 신호가 없을 시에는 측정이 되지 않음. 트리거 시스템과의 연결을 위해 breakout board를 스펙트로미터에 연결하여 신호를 받도록 하였음(그림 2-18).
- 분광기가 스펙트럼을 캡처하려 하면, 트리거 핀에 3.3V에서 5V 사이의 전압이 필요한데, 이를 해결하기 위해 마이크로 컨트롤러가 레이저 센서로부터 신호를 받으면, 하드웨어 트리거 핀에 3.3V의 전압을 보내고 분광계는 자동으로 스펙트럼을 획득함.

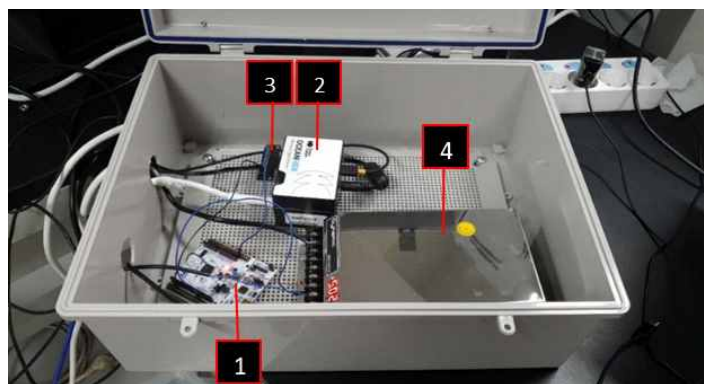


그림 2-18. on-line 분광 시스템 제어부; (1) NUCLEO-F411RE STM32 Microcontroller, (2) Ocean HDX Spectrometer, (3) breakout board, (4) Power source.

○ 온라인 시스템 데이터 획득 실험

① 시료 준비

- 90개의 정상란을 대전 지역 마트에서 구입하여 실험에 활용하였으며, 실험 후 정상란 그룹을 할란한 결과 이중 약 42%의 계란 시료에서 작은 혈반이 발견되었음. 또한 혈란 샘플 획득을 위해 (주)금강 LF 농장에서 검출된 혈란 43개를 획득하여 실험에 활용함.
- 혈란과 정상란의 스펙트럼 획득 이후 이를 할란하여, 혈란과 혈란이 아닌 계란 샘플에 대해 다시 한번 확인하였으며, 각각에 계란에 대하여 번호를 매겨, 이를 혈란과 정상란으로 최종 분류를 하였음.

② 온라인 데이터 획득

- 계란 데이터의 획득은 구축된 온라인 시스템 프로그램을 통해 진행되었음(그림 2-19). 스펙트럼 획득을 위해 box car 스무딩은 3으로 설정하였으며, integration time은 30ms로 설정하여 데이터를 획득함.
- 데이터의 calibration을 위해 dark reference를 spectrometer의 광케이블을 막아 암 조건을 설정하여 준 뒤 획득하여 calibration을 진행함.
- 획득한 데이터는 CSV 형식으로 저장되어 분석에 활용되었음.

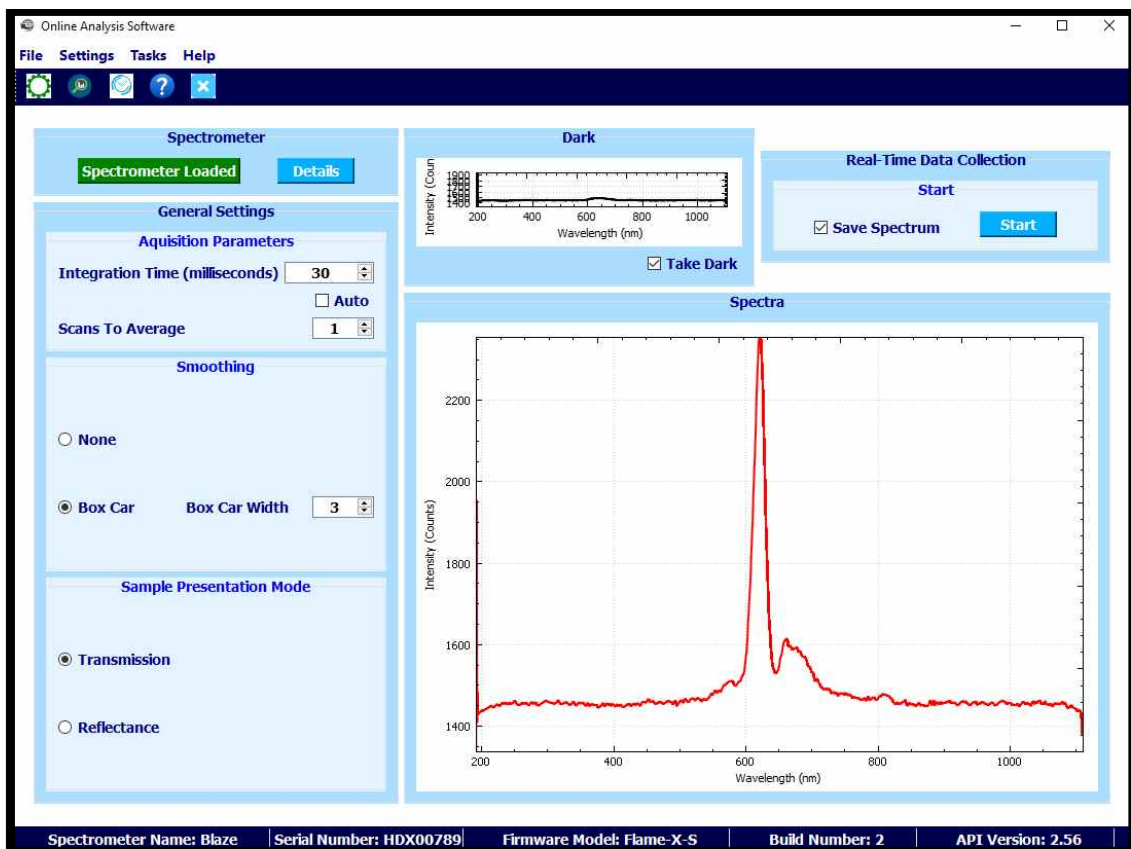


그림 2-19. 구축된 GUI 프로그램의 데이터 획득 모습.

③ 모델 개발 및 테스트

- 모델 개발에 활용된 데이터는 dark calibration이 진행된 데이터에 대해 진행되었음. 보정된 데이터를 무작위로 80:20으로 나눠 calibration set과 validation set으로 구분함.
- 예측 모델은 PLS-DA를 통해 구축되었으며, 최상의 전처리 방법에 대한 beta coefficient를 저장하였음.
- 모델의 테스트는 계란 20개를 사용하여 진행되었으며, 테스트 시 모델은 최상의 전처리 방법에 대한 beta coefficient 값을 활용하여 진행됨.

○ 온라인 실험 결과

① PLS-DA 모델

- 최상의 PLS-DA 모델은 SNV 전처리 기법을 통해 구축된 모델이었으며, calibration set에서 93.7%의 결과를 보였고, validation set에서 90.6%의 결과를 나타냄(표 2-2).
- 구축된 모델은 그림 19, 20과 같이 계란 샘플을 분류하였으며, 이때 predicted value(y축)가 0.5 이상이면 정상란으로 0.5 이하면 혈란으로 구분하도록 설정하였음.

표 2-2. PLS-DA 기반 이상란 분류 모델의 calibration과 validation set 정확도(%) 결과

Preprocessing	Calibration (%)	Validation (%)
Raw data	90.6	88.9
Standard Normal Variate (SNV)	93.7	90.6
Multiplicative Scatter Correction (MSC)	94.5	87.5
Savitzky Golay (1 <sup>st</sup> )	98.4	87.5
Savitzky Golay (2 <sup>nd</sup> )	94.5	81.3

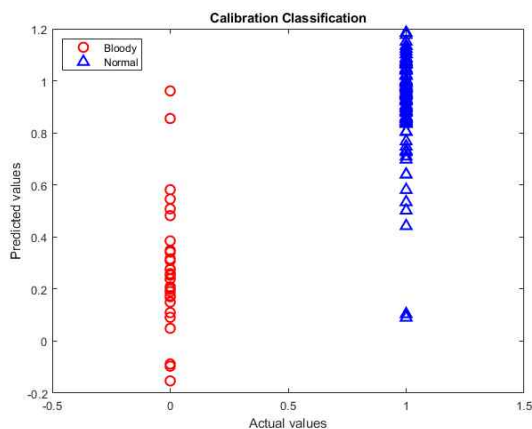


그림 2-20. calibration set 분류 결과.

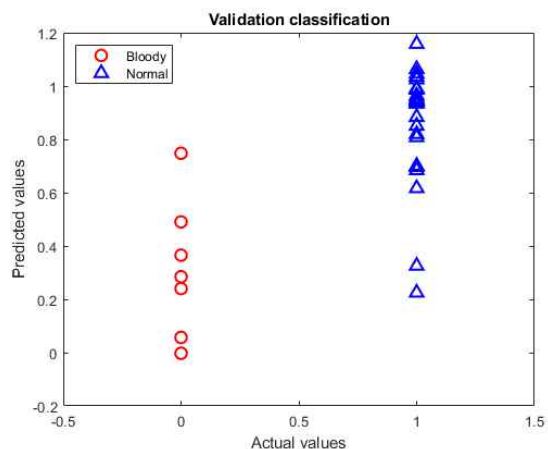


그림 2-21. Validation set 분류 결과.

② 모델 test 결과

- PLS-DA를 통해 구축된 모델의 결과는 그림 2-22와 같음. 총 20개의 계란을 test에 활용하였으며, 17개의 계란은 정상적으로 구분하였으나, 3개의 계란에 대해 잘못 구분하는 결과를 나타냄.

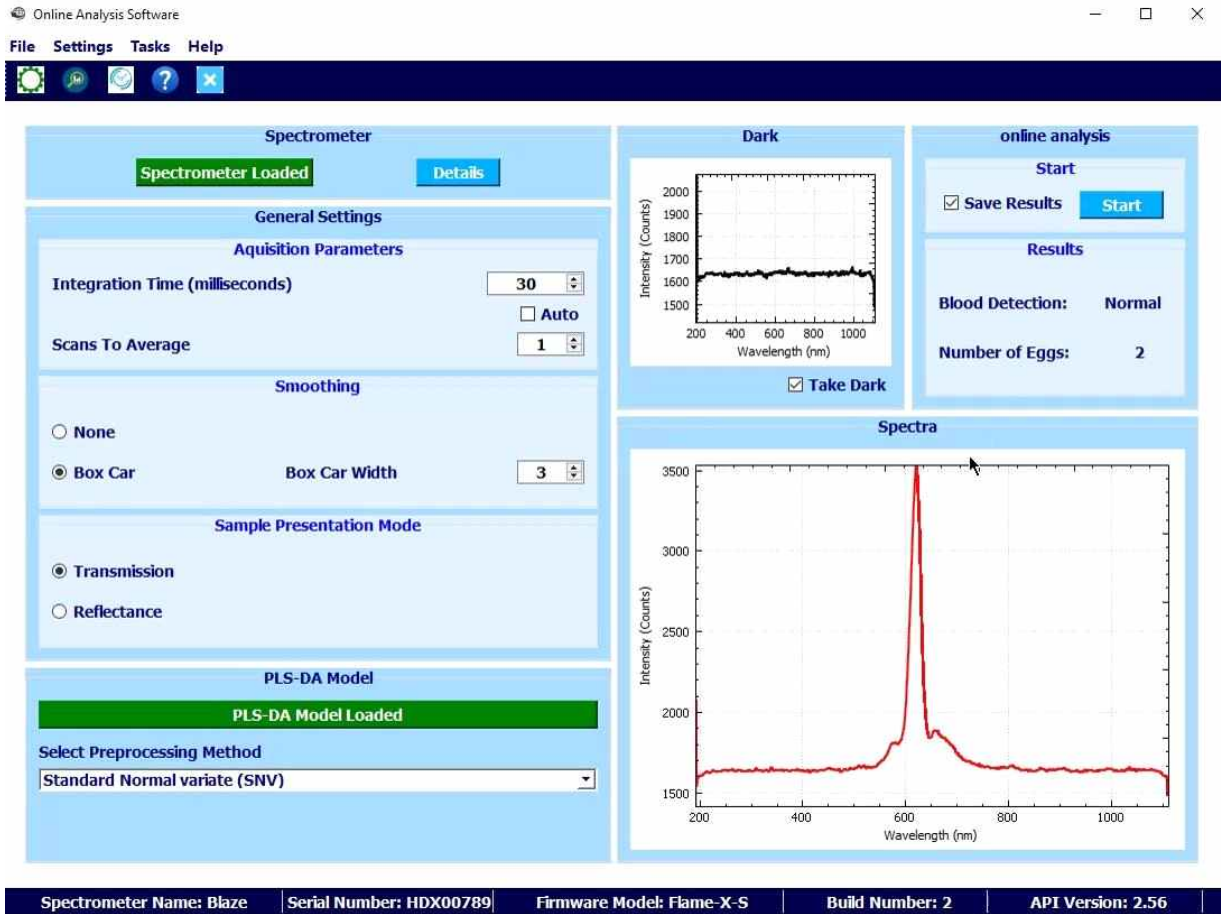


그림 2-22. On-line 시스템의 분석 결과.

- Test set에 대한 결과는 confusion matrix를 통해 확인할 수 있으며, 총 8개의 혈란에 대해 3개의 샘플을 정상란으로 구분하는 결과를 보였으며, 12개의 정상란은 정상적으로 분류를 진행하는 것을 확인할 수 있었음(그림 2-23).

True Class	Bloody	5	3
	Normal	0	12
		Bloody	Normal
		Predicted Class	

그림 2-23. 새로운 계란 샘플에 대한 모델의 confusion matrix.

○ 결론

- 실시간 이상란 검출용 하드웨어 및 소프트웨어 구축을 통해 이상란의 on-line 시스템 구축 가능성을 확인할 수 있었음.
- 다만, 현재까지 구축된 시스템에 대한 최적화가 진행되지 않았으며, 분류 모델 구축 시 샘플 또한 많은 수를 사용하지 않아 추가적인 DB 구축과 최적화가 필요한 단계임.



### [3년차 과제수행 내용]

#### I. 온라인 선별기에 장착 가능한 하드웨어 제작

##### ○ 산업용 장치용 이상란 검출 모듈 설치

- 본 연구에서는 (주)에그텍(EggTec Co., Ltd.)의 B30K 선별기에 충남대학교 팀이 개발한 시스템을 설치하였음. 설치된 시스템은 할로젠램프와 할로젠 램프용 광케이블, 분광계 전용 광파이버 및 램프용 광케이블 고정 장치 1세트, Vis/NIR 영역의 스펙트로미터, 하드웨어 컨트롤 임베디드 시스템, 센싱부 커버 및 산업용 컴퓨터로 구성되어 있음.
- 가시광선 영역의 분광기는 주위 외부 광원에 영향을 받기 때문에 빛의 간섭을 최소화하기 위해 커버를 제작하여 설치하였음.
- 시스템 설치 시 할로젠 램프 광섬유의 말단 부위와 파란색 플라스틱 계란 버킷 하단 사이의 거리는 10mm로 설정하였음. 또한, 경우에 따라 사이즈가 큰 계란이 들어올 수도 있으므로 분광계에 연결된 광섬유의 말단과 파란색 플라스틱 계란 버킷 상단 사이의 거리는 20mm로 설정하였음.



그림 3-1. 제어용 산업용 컴퓨터.

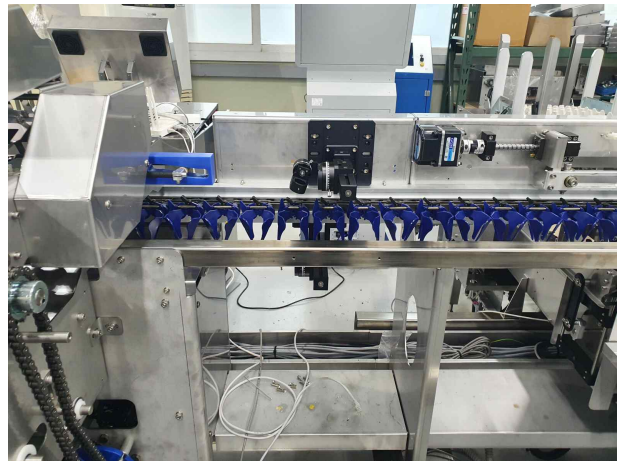


그림 3-2. 에그텍 선별기 B30K에 장착된 센싱 모듈.



그림 3-3. 센싱 모듈과 계란 측정 방식.

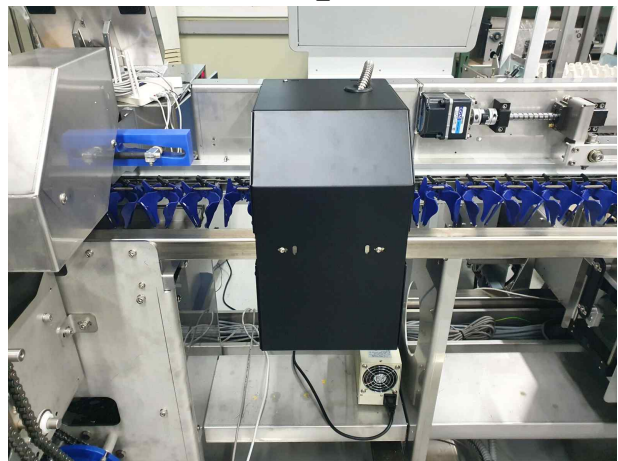


그림 3-4. 센싱 모듈 커버 케이스 (전면).



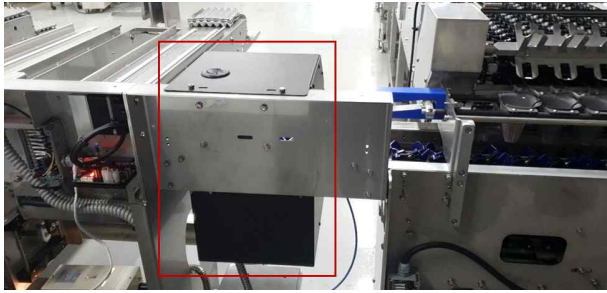


그림 3-5. 설치된 계란 센싱 모듈 (뒷면).

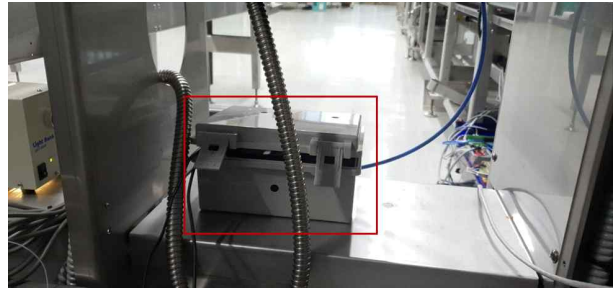


그림 3-6. 분광계 보호용 커버.

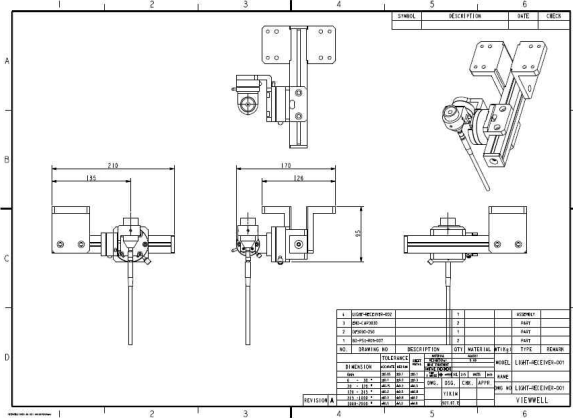


그림 3-7. 센싱 모듈: 센싱부 도면

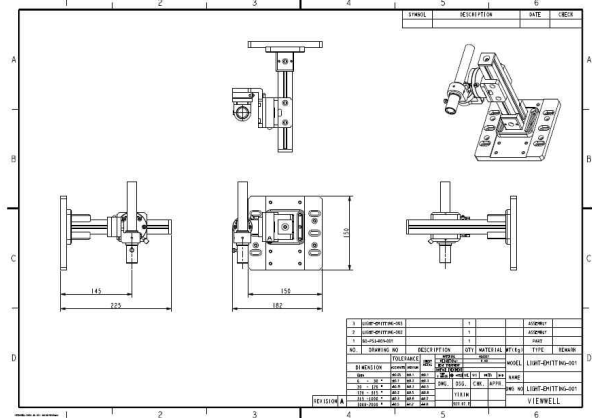


그림 3-8. 센싱 모듈: 발광부 도면

## II. 실시간 이상란 검출기 구축 및 성능검증

### 1) 시스템 최적화 설정

#### ○ 이상란 검출 시스템의 최적화 설정

- 정상란 및 비정상란의 온라인 측정 및 분석을 위한 하드웨어 시스템은 주로 모터 속도 컨트롤러, 분광계 광섬유, 할로젠램프에 연결된 광케이블로 구성됨.
- 시스템의 구성은 그림 3-9에서 확인할 수 있음. 집광을 위한 콘덴서 렌즈(Condenser lens)는 할로젠 램프에 연결된 광케이블 앞 단에 설치되었음. 렌즈에는 표면 반사를 방지하기 위해 MgF2 무반사 코팅이 되어있으며, 렌즈의 유효 초점거리(Focal length)는 25mm로 설정되었음.

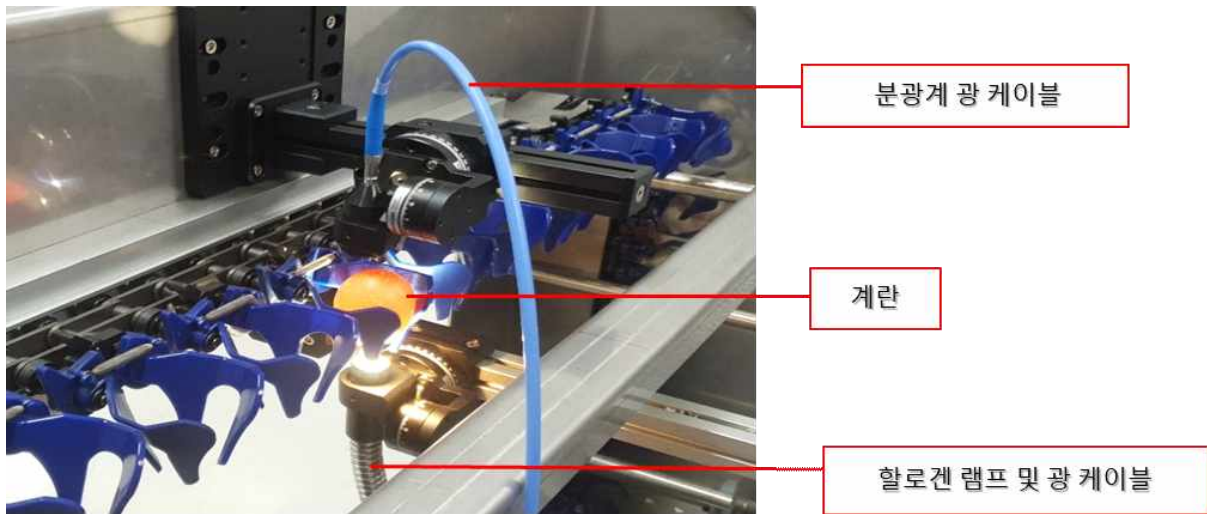


그림 3-9. 설치된 시스템 모습.

○ 스펙트럼 획득 자동화

- 본 연구에서는 근접센서 없이 계란의 스펙트럼을 자동으로 획득하였음. 선별 장치를 작동시키기 시작하면, 장치 작동 초반에는 스펙트럼이 포화 됨. 하지만, 계란이 분광계를 지나가면 도달하면 스펙트럼의 강도(intensity)가 감소하게 됨.
- 계란이 지나가면, 자동으로 스펙트럼 신호를 포착하고, 분석하여 계란의 분류를 진행하게 됨. 자동 스펙트럼 획득 조건은 그림 3-10에 설명되어 있음.

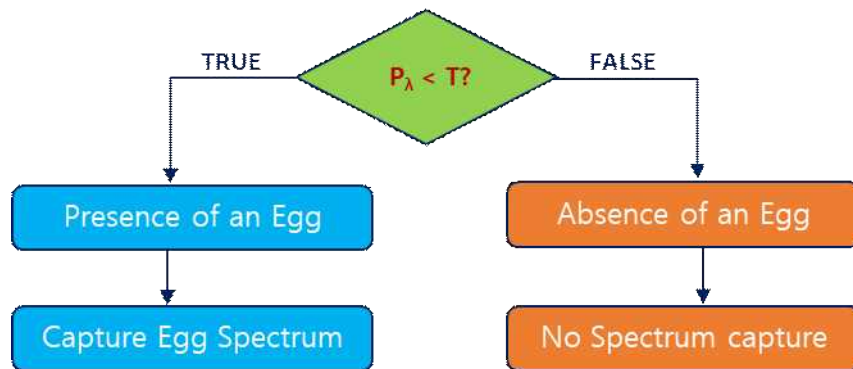


그림 3-10. 스펙트럼 획득 자동화 원리.

2) Pilot scale 장치에서 이상란 검출을 위한 실험

○ 시료 준비

① 혈반(blood spot egg) 및 혈란(bloody egg)

- 본 연구를 위해 일반 계란은 총 500개의 특란(60~68 g)을 (주)금강 LF에서 구입하였으며, 자연적으로 발생된 혈란을 (주)예산 농장과 (주)금강LF 농장에서 구하여, 실험에 활용하였음. 총 195개의 깨지지 않은 혈란을 획득하였으며, 실험 직전까지 5°C 저온에서 보관하였음.
- 계란은 스펙트럼 획득 이후 실측 값(Reference value) 라벨링을 위해 전부 할란하여, 혈(blood)의 유무를 확인하였음, 측정된 스펙트럼과 1:1로 매칭시켰으며, 각 혈반의 크기(mm)는 버니어 캘리퍼스를 사용하여 측정함.
- 실험의 설정 조건이 2022년 7-8월에 진행된 이전 실험과 동일했기 때문에 모델 개발 중에 획득한 데이터를 보완하기 위해 기존에 획득된 추가데이터를 데이터셋에 포함시켜 모델을 구축

하였음.

### ② 난황파괴란(Broken Yolk Eggs)

- 난황파괴란은 난황이 계란 내부에서 파손되어 난백과 난황이 엉겨있는 상태를 의미함. 난황파괴란은 다음과 같은 여러 가지 이유로 인해 발생함.
  - i. 산란계의 저단백 사료 급이시 난황막의 단백질 함량이 낮아지는 경우
  - ii. 뜨겁거나 추운 극한의 계사 환경 및 신체적 스트레스
  - iii. 산란계 사육 시 과밀한 사육 조건
  - iv. 계란이 포장라인으로 이송되지 못하고, 계사의 구석에 걸려있다 장시간이 흐른 후 이동된 경우
  - v. 외부 환경의 충격을 받은 경우
- 본 연구에서는 난황파괴란 제조를 위해 특별히 고안된 진동 장치를 활용하여 난황파괴란을 제작하였음. 정상란을 장치에 넣고 15초간 진동시켜 실험용 난황파괴란을 획득하였으며, 해당 이미지는 그림 3-11 (b)와 같음.

### ③ 부패란(Rotten Eggs)

- 부패란은 일반적으로 계란의 박테리아 또는 곰팡이 오염으로 인해 발생함. 이러한 부패란은 기존의 다른 이상란과는 다르게 혐오감뿐만 아니라 식중독 등의 식품 안전을 위협하기 때문에 초기에 검출되어야 함.
- 대부분의 농장에서는 부패란을 초기에 검출하고, 내부에서 발생하는 가스로 인해 깨지기가 쉬움. 그러므로 양계 현장에서 부패란을 획득하는 것은 쉽지 않음.
- 본 연구에서는 인공적으로 부패란을 제조하였으며, 제조과정은 다음과 같음. 정상란 60개를 각각 50mL specimen cup에 담았으며, 껍질을 포함한 상태로 파각하여 난각과 전란(난백+난황)을 혼합시켰음.
- 이후 샘플 컵은 40°C 인큐베이터에 보관하였음. 껍질이 포함된 전란액은 3일 동안 40°C 에서 부패시켰음. 3일 후 전란이 썩은 물질을 인큐베이터에서 꺼냈으며, 계란에 주입을 용이하게 하기 위해 원심분리기(1248R, Labogene, Seoul, Korea)를 사용하였음. 원심분리기는 3,000 rpm, 2분, 5°C 에서 작동시켰음. 원심분리 된 상층액은 50mL conical tube에 옮겨 보관하였으며, 실험 직전까지 5°C 에서 보관되었음.
- 부패란에서 분리된 상층액은 바늘을 사용하여 기실이 있는 부위에 1 ml의 썩은 물질을 알에 주입하였음. 이후 부패된 상층액이 접종된 계란을 1~4일 동안 인큐베이터에 보관하였음. 최종적으로 부패란 시료의 스펙트럼은 다른 이상란과 동일한 방법으로 스펙트럼을 획득하였으며, 만들어진 부패란 시료는 3-11 (c)와 같음.



그림 3-11. 내부이상란 종류 a) 혈란, b) 난황파괴란, c) 부패란.

○ 실시간 데이터 획득 (Online Data Collection Interface)

- 실시간 데이터 수집은 그림 3-12와 같이 개발된 소프트웨어의 온라인 데이터 수집 인터페이스를 사용하여 수행하였음.
- 인터페이스의 작동은 Ocean HDX 분광기(Ocean Insight Company, 미국)를 프로그램 상에 로드하고 스펙트럼 수집 매개변수를 설정하여 온라인 데이터 수집을 진행하는 방식임.
- 양계 산업에서 일반적으로 사용되는 초당 10개 계란 측정 속도에 맞추기 위해서 스펙트럼 획득 속도를 다음과 같이 설정하였음. Integration time : 15 ms (milliseconds) Scan with average: 1, Boxcar smoothing: 3.
- 획득한 계란 데이터의 intensity calibration을 위해 white reference 값과 Dark reference 값을 측정하였음. White reference 값을 측정하기 위해 1mm 흰색 Teflon 표준 디스크를 활용하여 측정하였으며, Dark reference 값을 측정하기 위해 측정부의 Gershun tube의 뚜껑을 닫고 측정을 진행하였음. 최종적으로 측정된 계란의 파장과 각각의 reference 값은 CSV(comma)의 파일 형식으로 자동 저장되었음.

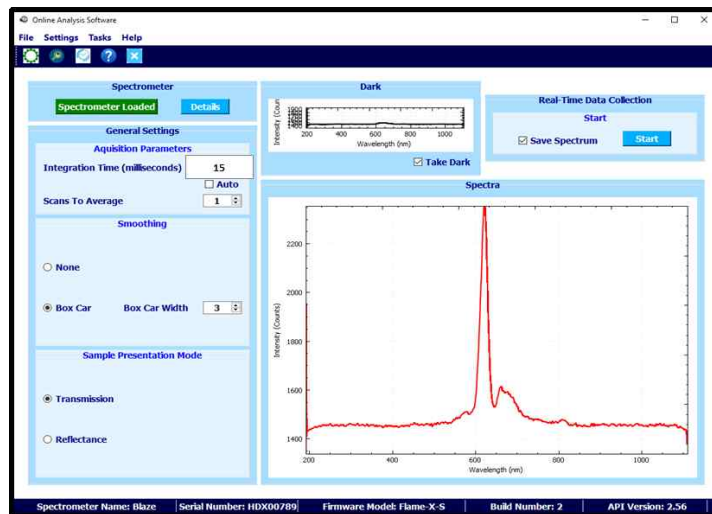


그림 3-12. 측정 시스템 GUI 및 신호 획득 이미지.

○ 선별기 검출 모델 개발

- 실시간 데이터 수집 인터페이스에서 수집된 데이터는 식 (1)과 같이 파장 강도를 보정하였음. 이때 ‘Calibration sample band’는 보정된 파장 강도를 의미하며, ‘D’는 투과 방식으로 측정된 계란 시료의 각각의 파장별 스펙트럼을 의미함. ‘B’는 gershun tube가 닫힌 상태에서 측정된 파장을 의미하며, ‘W’는 흰색 Teflon 디스크로부터 획득한 파장 데이터를 의미함.

$$Calibration\ sample\ band = \frac{B - D}{W - D} \text{ ----- (1)}$$

- 보정된 데이터는 무작위로 나누었으며, calibration set 70%, validation set 20%, test set 10%로 나누었음. 분류 모델 훈련을 위한 참조 데이터(reference)는 스펙트럼 획득 이후 계란 시료 전부를 할당하여 정상란, 혈란, 난황과괴란, 부패란 여부를 기입하였음.
- 반응 변수 행렬(response variable matrix)에서 이상란 종류(혈란, 난황 파괴란, 부패란)는 '0'으로 라벨링 되었으며, 정상 계란 범주에는 '1'로 라벨링을 진행하였음.
- 부분 최소 제곱 판별(Partial least squares discriminant analysis: PLS-DA) 모델은 개발 소프트

웨어를 사용하여 개발함. 부분 최소 제곱 판별 모델의 overfitting을 피하기 위해 교차 검증 방법으로 leave-one out (full) 교차 검증 기술을 학습 중에 사용하였음.

- 최적의 PLS 잠재 변수 수는 개발된 소프트웨어 내에서 자동으로 계산되었으며, 560 - 700nm의 최적 파장 범위가 모델 개발 중에 사용됨. 정상란과 이상란을 구분하기 위해 '0.5'의 임계값 (threshold value)을 설정하였음. 또한 최적의 결과를 보이는 모델의 전처리 방법에 대한 베타 계수를 저장하여 모델로 활용함.

○ 모델의 분류

- 상용화된 이상란 선별기는 기본적으로 이상란의 검출 단계를 설정할 수 있음.
- 그렇기 때문에 본 실험에서는 시료의 수준을 구분하여 이상란 선별 시 세 가지 단계(1단계 ~ 3단계)의 모델이 개발되었음. 각각의 단계는 표 3-1, 3-2, 3-3을 통해 확인할 수 있음.

표 3-1. 내부이상란 검출 모델 1단계(정확 검출) 검출 범위

분류 항목	정상 및 이상란	세부 설명
정상	정상란(sound egg)	내부 이상이 없는 정상 범주의 계란
이상란	작은 혈반 육반란	혈반/육반의 사이즈가 0.1-3mm 이내인 혈란
	중간 크기의 혈란	혈반/육반의 사이즈가 3.1-5.9mm 이내인 혈란
	심각한 정도의 혈란	혈반/육반의 사이즈가 6mm 이상, 난백이 붉게 물이든 혈란(bloody egg)
	난황파괴란	난황이 파괴된 계란
	부패란	내부 부패가 진행된 계란

표 3-2. 내부이상란 검출 모델 1단계(정확 검출) 검출 범위

분류 항목	정상 및 이상란	세부 설명
정상	정상란(sound egg)	내부 이상이 없는 정상 범주의 계란
이상란	작은 혈반 육반란	혈반/육반의 사이즈가 0.1-3mm 이내인 혈란
	중간 크기의 혈란	혈반/육반의 사이즈가 3.1-5.9mm 이내인 혈란
	심각한 정도의 혈란	혈반/육반의 사이즈가 6mm 이상, 난백이 붉게 물이든 혈란(bloody egg)
	난황파괴란	난황이 파괴된 계란
	부패란	내부 부패가 진행된 계란

표 3-3. 내부이상란 검출 모델 1단계(정확 검출) 검출 범위

분류 항목	정상 및 이상란	세부 설명
정상	정상란(sound egg)	내부 이상이 없는 정상 범주의 계란
이상란	작은 혈반 육반란	혈반/육반의 사이즈가 0.1-3mm 이내인 혈란
	중간 크기의 혈란	혈반/육반의 사이즈가 3.1-5.9mm 이내인 혈란
	심각한 정도의 혈란	혈반/육반의 사이즈가 6mm 이상, 난백이 붉게 물이든 혈란(bloody egg)
	난황파괴란	난황이 파괴된 계란
	부패란	내부 부패가 진행된 계란

○ 새로운 계란 시료를 이용한 모델 테스트

- 개발된 PLS-DA 모델은 소프트웨어의 온라인 분석 인터페이스를 사용하여 새로운 계란 샘플에서 테스트 되었음.
- 온라인 분석 시 개발된 모델을 사용하여 블라인드 테스트를 위해 300개의 계란 샘플을 사용함.



○ 이상란 검출을 위한 검출부 구축

- 이상란은 센싱부에서 검출된 이후 라인에서 자동으로 선별되어야 함. 이를 위해 본 연구에서는 회전식 엔코더(encoder)와 솔레노이드(solenoid)를 활용하여 이상란의 분류를 진행하였음.
- 본 연구에서 엔코더는 계란선별기 체인의 각각의 버킷 위치를 추적하기 위해 사용하였으며, 솔레노이드는 버킷을 열어 계란을 선별하는 목적으로 연구에 활용되었음.
- 따라서 이상란 자동 선별기 구축 시 회전식 엔코더와 솔레노이드 제어가 필요하였음.

① Rotary Solenoid

- 솔레노이드는 와이어 코일로 형성된 전자석을 사용하여 전기 에너지를 기계 에너지로 변환함. 이상란 분류를 위해 로터리 솔레노이드를 사용하여 이상란의 버킷을 열어주었음.
- 본 연구에서는 로터리 솔레노이드(Shindengen Electric Manufacturing Company, Japan)가 테스트 목적으로 사용됨. 솔레노이드는 24V에서 작동함.
- STM32F411RE 개발 보드(STMicroelectronics Semiconductor Company, France-Italy)를 사용하여 프로그래밍 하였음. STM32 마이크로컨트롤러가 출력할 수 있는 최대 전압은 5V임. 따라서 그림 3-13과 같이 솔레노이드를 작동시키기 위해 STM32 마이크로 컨트롤러, 릴레이 및 24V를 제공하는 가변 전원을 사용하였음.
- 릴레이는 솔레노이드에 필요한 24V에 대한 전기 스위치 역할을 함. STM32cubeide는 솔레노이드 펌웨어의 통합 개발 환경으로 사용되었음.

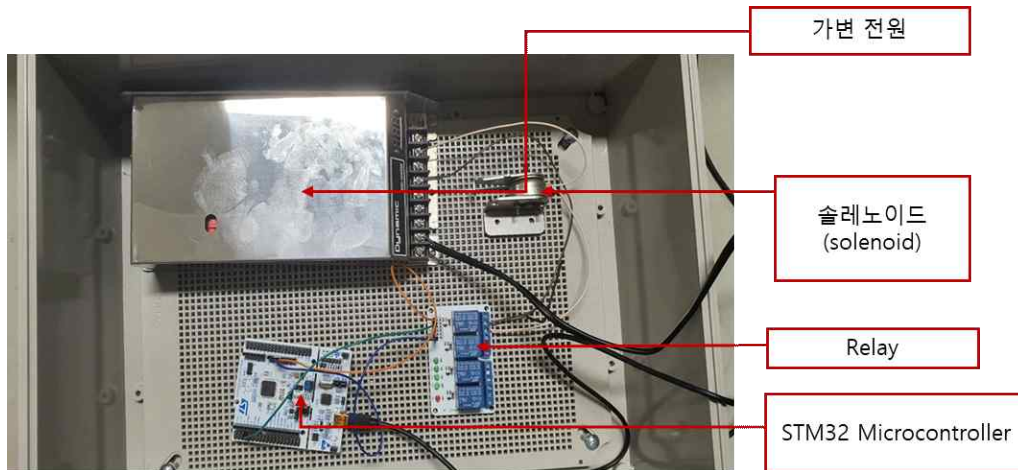


그림 3-13. 로터리 솔레노이드와 릴레이 및 STM32 microcontroller 연결 방식.

② Encoders

- 인코더는 각도 축 움직임을 디지털 또는 아날로그 신호로 변환함. 엔코더를 사용하여 회전축의 위치, 속도 및 방향을 계산할 수 있음. 엔코더는 Incremental 엔코더와 Absolute 엔코더 두 가지 유형이 존재함.
- Incremental 엔코더는 회전축의 상대 위치를 제공함. 샤프트가 회전할 때 Incremental 엔코더는 그림 3-14 (a)에 표시된 것처럼 샤프트의 두 지점 A와 B만을 추적함.
- 반면, Absolute 엔코더는 회전 샤프트의 정확한 위치를 제공함. 샤프트가 회전함에 따라 엔코더는 그림 3-14 (b)와 같이 샤프트의 여러 지점을 추적함. Absolute 엔코더의 모든 레이블은 고유하므로 정확한 위치를 제공할 수 있음. 또한, Absolute 엔코더는 전원이 꺼져도 위치를 유지하여 기억할 수 있음.
- 본 연구에서는 계란선별기에 활용할 엔코더의 선별을 위해 Incremental encoder와 Absolute



encoder를 구입하여 테스트를 진행하였음.

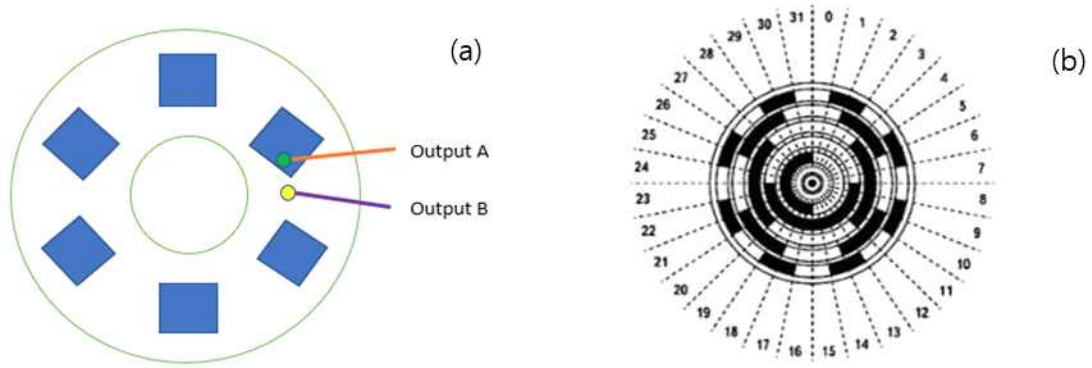


그림 3-14. 엔코더 작동 원리 a) Incremental encoder b) Absolute encoder.

③ Testing the Incremental Encoder to obtain encoder values

- 본 연구에서는 Incremental 로터리 엔코더(Autonics Corporation, South Korea)를 활용하여 연구를 진행하였음.
- 엔코더는 그림 3-15와 같이 엔코더 커플링을 통해 계란선별기에 연결되었음. 연구에 활용된 엔코더는 그림 3-16과 같이 가변 전원에서 제공되는 12V-24V 작동 전압으로 전원을 공급받았으며, 제어를 위해 STM32 마이크로컨트롤러가 사용됨.
- 엔코더 펄스에서 카운터 값을 획득하였으며, STM32cubeide는 엔코더 펌웨어의 통합 개발 환경으로 사용됨.
- 엔코더는 STM32의 GPIO(범용 입력 출력) 인터럽트 개념을 사용하여 프로그래밍 되었으며, 카운터 값은 docklight serial 소프트웨어(Flachmann und Heggelbacher GmbH & Co.KG., Germany)를 사용하여 시리얼 터미널을 통해 확인됨.

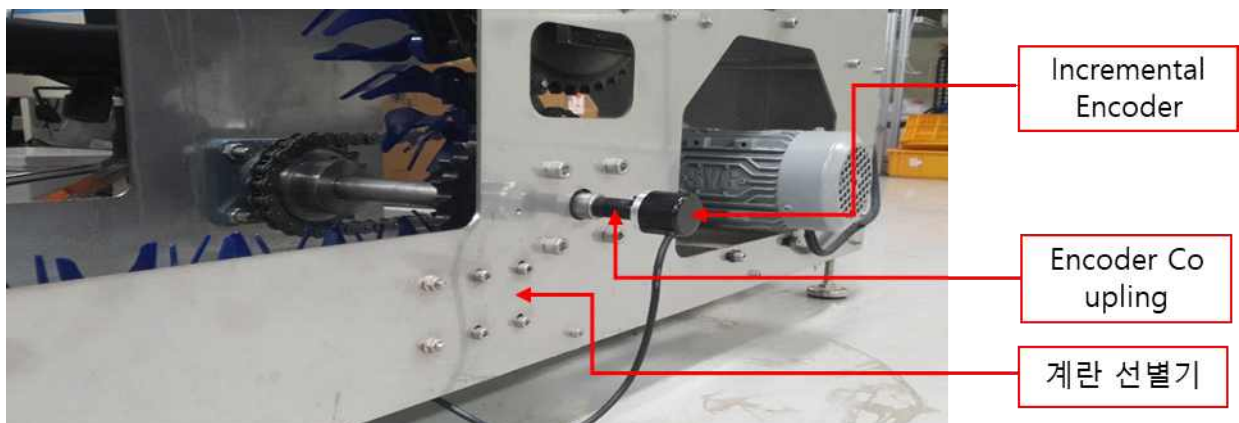


그림 3-15. Incremental encoder 설치 모습 및 개략도.

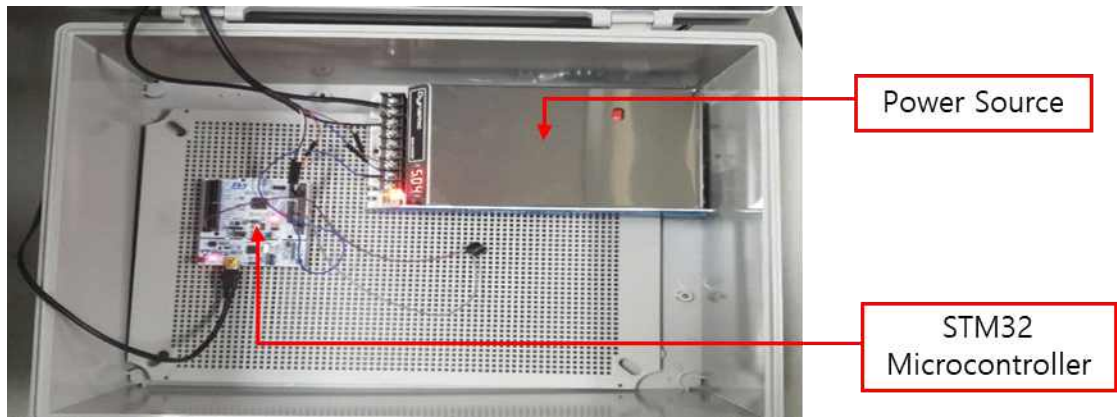


그림 3-16. STM32 Microcontroller와 가변전원의 연결 모습.

#### ④ Testing an Absolute Encoder

- 테스트 목적으로 AMT Absolute 엔코더(CUI devices, USA)를 활용하였음.
- AMT Absolute 엔코더는 STM32 마이크로컨트롤러의 5V로 구동되며, 회전축의 정확한 위치를 얻기 위해 STM32 마이크로컨트롤러와 AMT Absolute 엔코더를 사용하였음.
- 통합개발환경은 STM32cubeide를 사용하였음. Absolute 엔코더는 그림 3-17과 같이 엔코더에서 위치 값을 얻기 위해 STM32의 SPI(Serial Peripheral Interface, SPI)를 사용하여 프로그래밍하였음.
- 엔코더 위치는 엔코더의 해상도(예: 12, 14bit 등)에 따라 달라지며, Docklight serial 소프트웨어를 사용하여 직렬 터미널을 통해 엔코더 신호를 확인함.

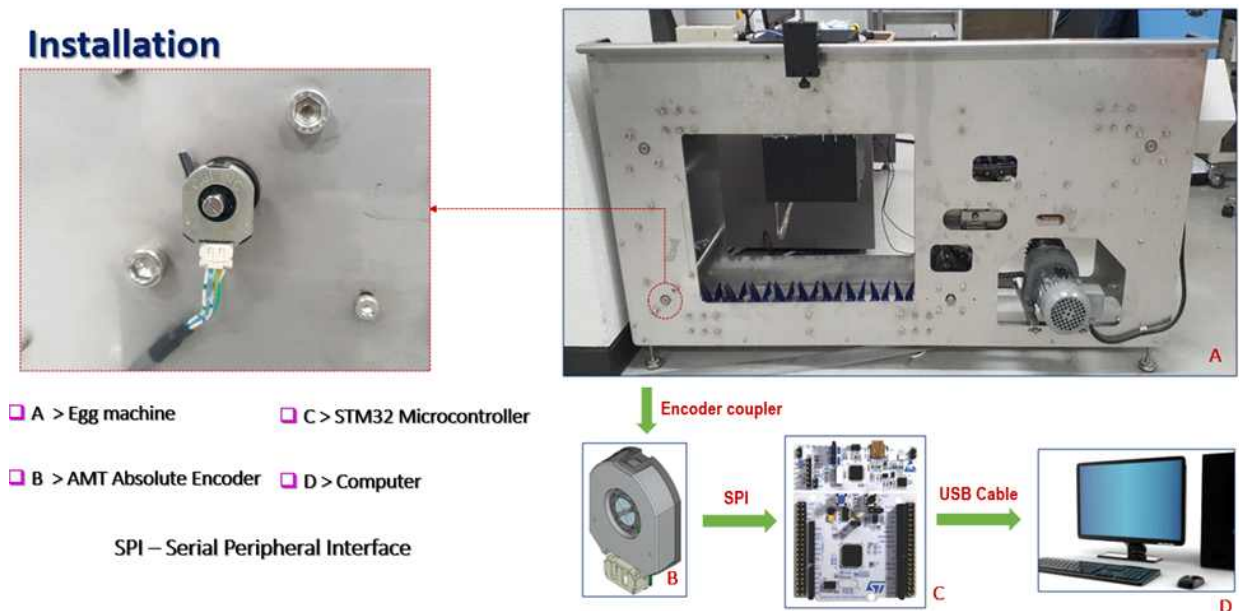


그림 3-17. Absolute encoder 설치 모습 및 개략도.

#### ⑤ Setup for Automatic Sorting of Abnormal Eggs

- 로터리 솔레노이드, Incremented 엔코더, Absolute 엔코더, 릴레이에 대한 테스트를 수행한 후 구성 요소를 모두 함께 연결하여 정렬하였으며, 그림 3-18과 같음.

- 최종적으로 두 가지 종류의 엔코더 중 incremented 엔코더가 선택되었음. 이는 이상란의 분류를 위해 엔코더 값을 조작하기 쉽기 때문이었음. 해당 incremented 엔코더는 24V 전압 전원에서 전원을 공급하였으며, 이에 따라 엔코더 신호는 3V - 24V 사이에서 변화됨.
- 엔코더 신호 라인은 STM32 마이크로 컨트롤러가 처리할 수 있는 3.3V를 달성하기 위해 가변 전원에 연결되었음.
- 계란 선별 라인에서 이상란 선별 속도는 초당 10개의 계란이 선별기를 통과해야 하는데, 이는 상당히 빠른 속도임. 때문에 실시간 이상란 검출 시스템의 소프트웨어는 이상란이 검출될 때마다 serial 통신을 통해 신호를 전송해야 함.
- 이를 달성하기 위해 STM32 마이크로컨트롤러와 계란 감지 소프트웨어를 실행하는 산업용 컴퓨터 사이에 직렬 모듈에 USB를 연결하여 연구를 진행함.
- 이상란의 자동 선별에 사용되는 선별기의 경우 그림 3-19와 같이 주요 구성 요소가 서로 통신하도록 연결됨.
- 로터리 솔레노이드는 그림 3-13과 같이 릴레이를 사용하여 STM32 마이크로컨트롤러에 연결되었음.
- 선별을 위한 로터리 incremented 엔코더는 그림 3-15와 같이 Voltage Level Converter를 사용하여 STM32 마이크로컨트롤러에 연결되었으며, USB 직렬 모듈은 그림 3-18과 같이 STM32 마이크로컨트롤러와 산업용 컴퓨터에 연결됨.

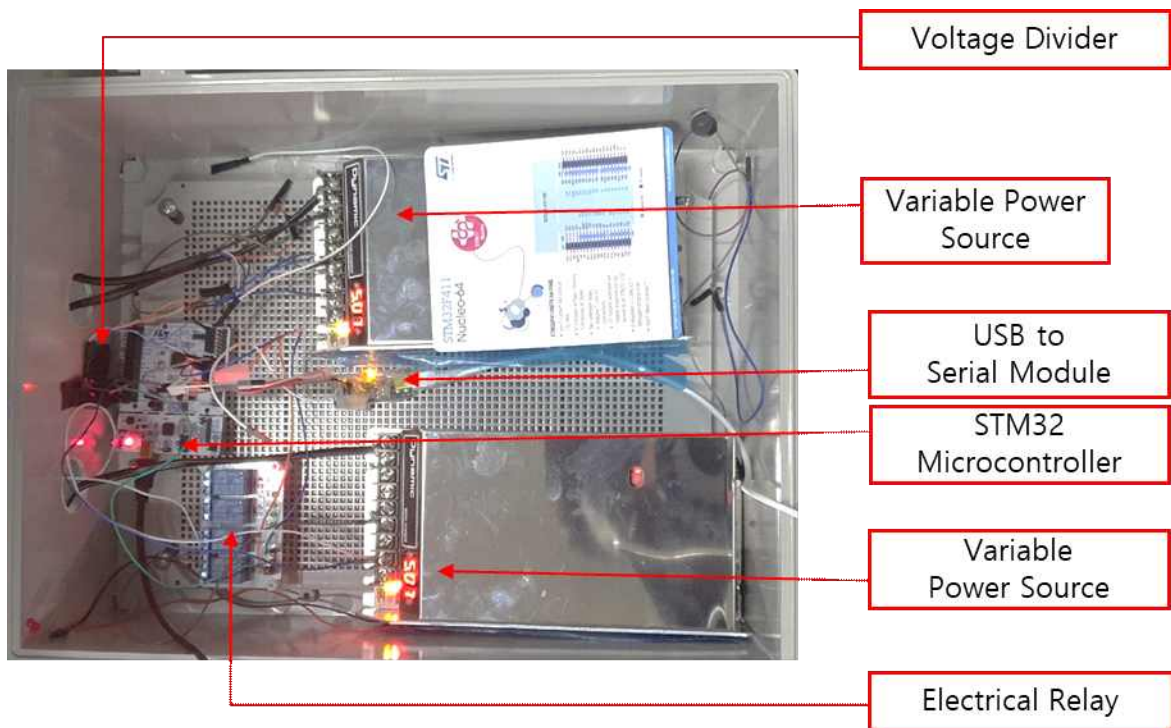


그림 3-18. 최종 내부이상란 실시간 검출 시스템을 위해 구축된 Middleware 모습.



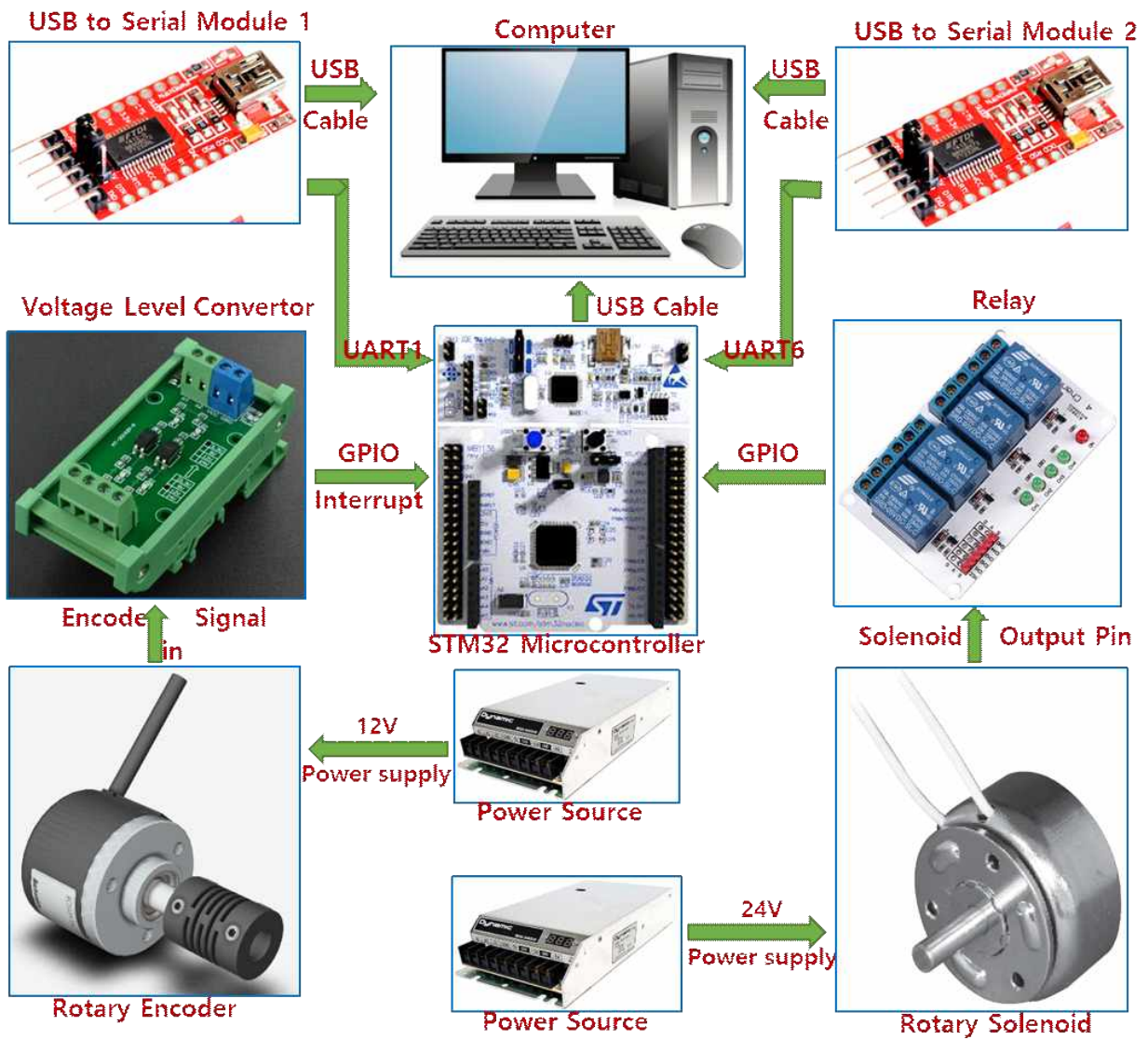


그림 3-19. GPIO(General Purpose Input Output), UART(Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) 등 통신 주변기기와 주요 부품 연결 개략도.

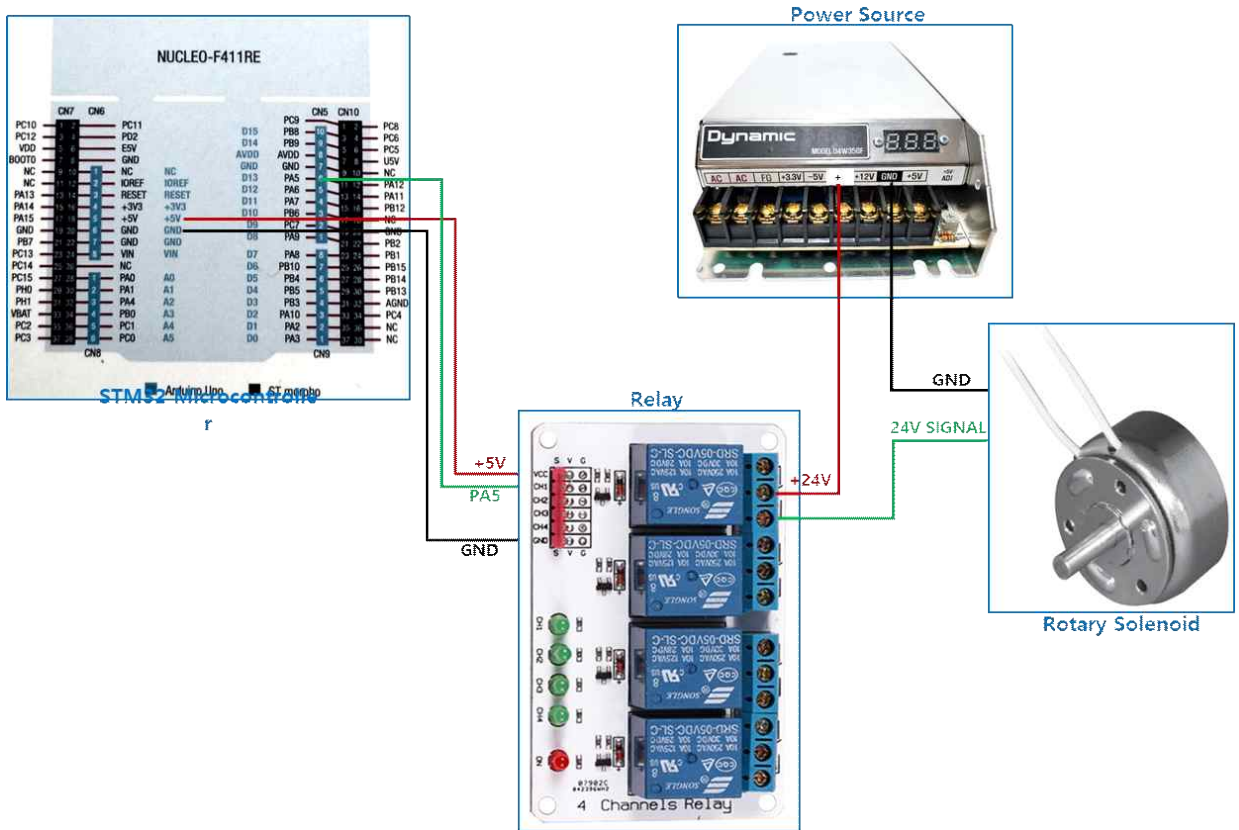


그림 3-20. 솔레노이드 middleware(STM32 micro controller) 연결 방식 개략도.

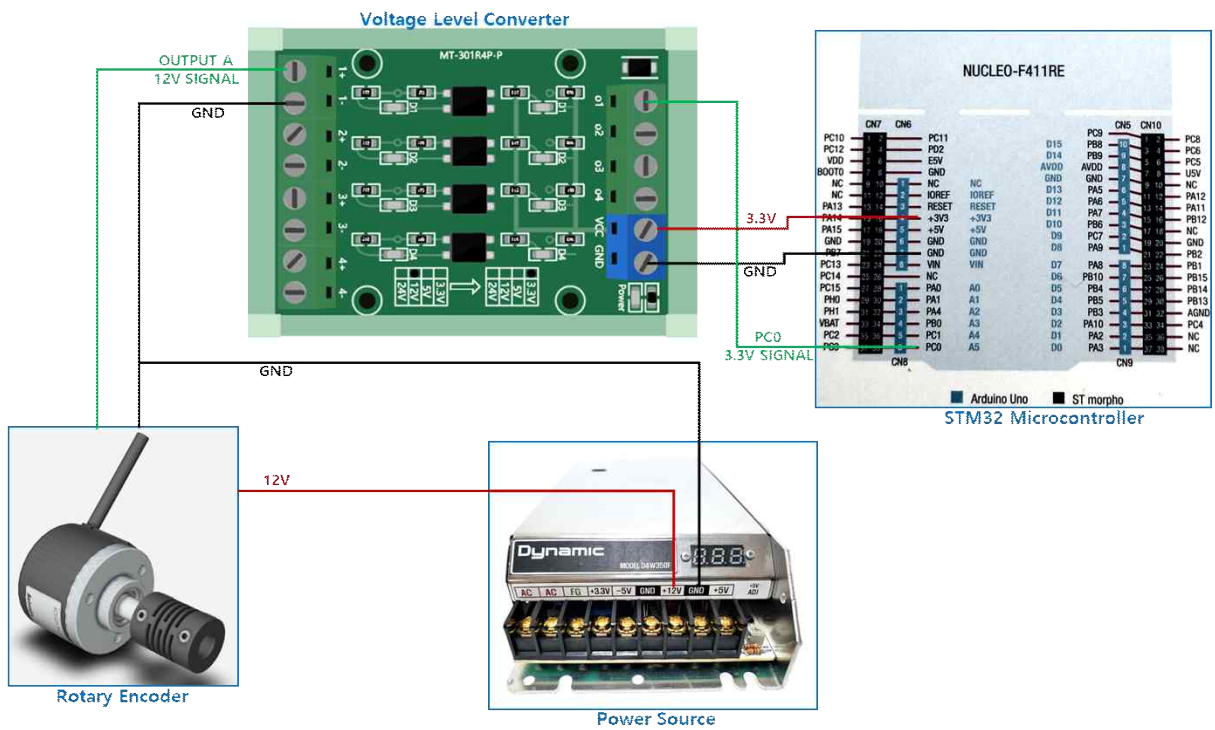


그림 3-21. 엔코더의 middleware(STM32 micro controller) 연결 방식 개략도.

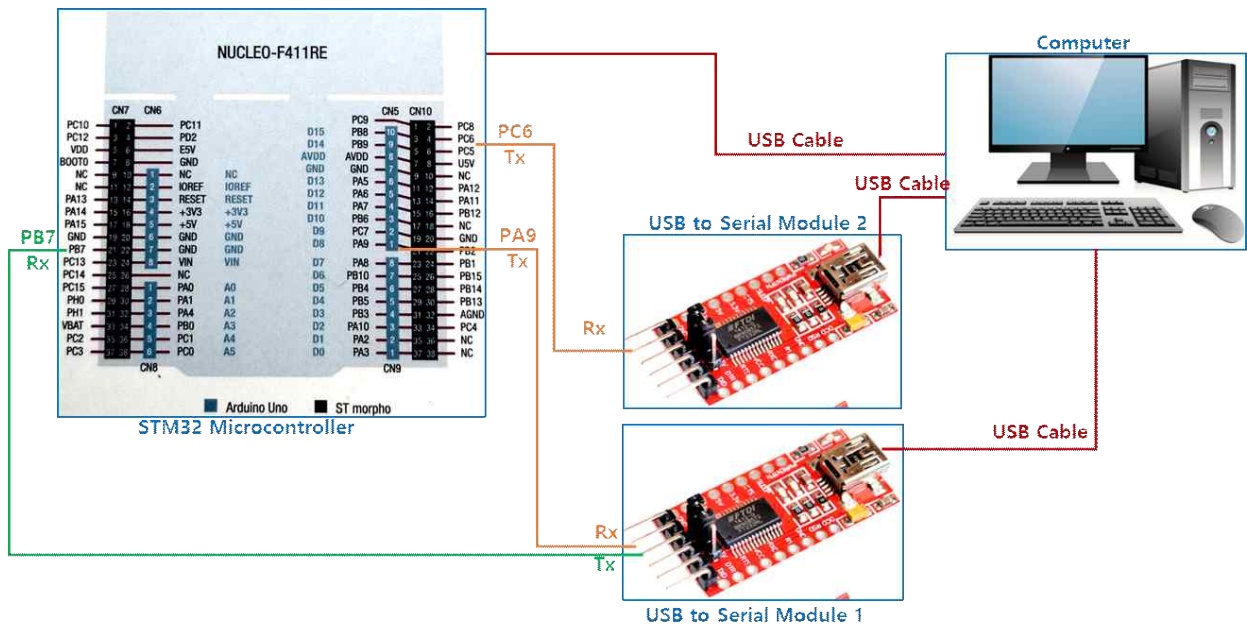


그림 3-22. USB to Serial module을 활용한 middleware와 컴퓨터의 통신 개략도.

## 2) 결과 및 고찰

### ○ 자동 스펙트럼 획득

- 스펙트럼 획득을 위해 설정된 최적 파장( $\lambda$ )은 400nm이었으며, 자동 스펙트럼 획득을 위한 문턱값(threshold)의 세기(intensity)는 1,600으로 설정하였음.
- 기존의 2년차 연구에서는 광전 레이저 방식의 근접센서를 활용하여, 계란이 버킷에 존재하는 지에 대한 유무를 판단하였으나, 스펙트럼 강도에 따른 스펙트럼 자동 획득알고리즘 구축을 통해 이상란 검출 시스템 개발에 발생하는 전체 비용을 절약할 수 있었음.
- 분광계에서 얻은 스펙트럼의 획득 전과 후는 그림 3-23과 같음.

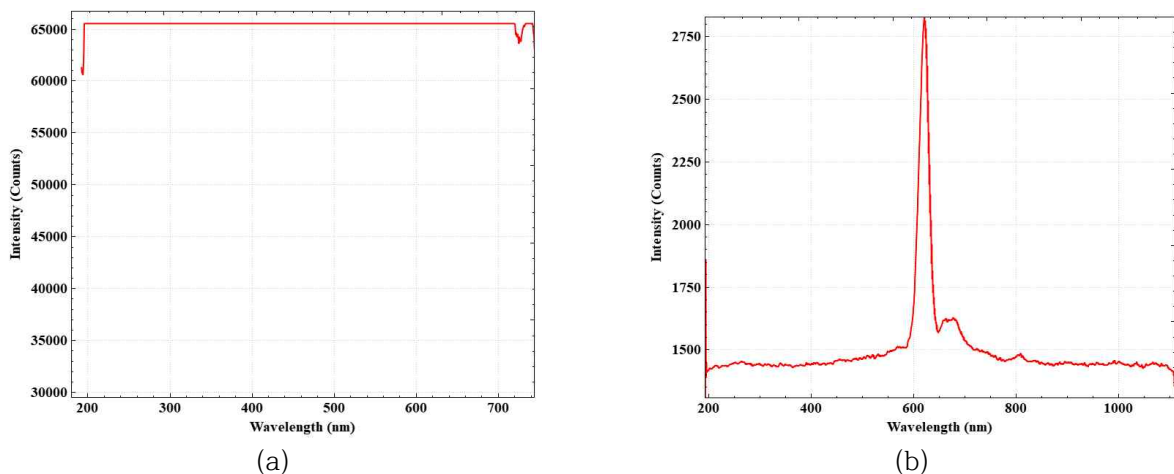


그림 3-23. (a) 광 포화 상태의 스펙트럼, (b) 계란의 스펙트럼.

### ○ 이상란 검출을 위한 PLS-DA 모델

- 내부 이상란 검출 성능(1-3단계) 모델에 대한 PLS-DA의 분류 정확도는 표 3-4와 같이 나타남.
- 3단계 모델의 PLS-DA 분류 정확도가 교정 및 검증 세트 모두에서 가장 높은 값인 93%를 기록하였음. 3개의 탐지 모델 모두에 대한 최적의 결과는 추가 처리 없이 보정된 스펙트럼 데이터로 획득하였음.



- 3단계 탐지 모델에 대한 정상란과 이상란의 분리를 위한 PLS-DA 분류는 그림 3-24와 그림 3-25에서 확인 가능함. 교정(calibration set)과 검증(validation set)에서 정상란과 이상란의 분류를 위해 '0.5'의 임계값을 설정하였음. 때문에 '0.5'미만의 예측값은 '이상란'으로 검출되며, '0.5' 이상의 예측값은 '정상란'으로 분류됨.

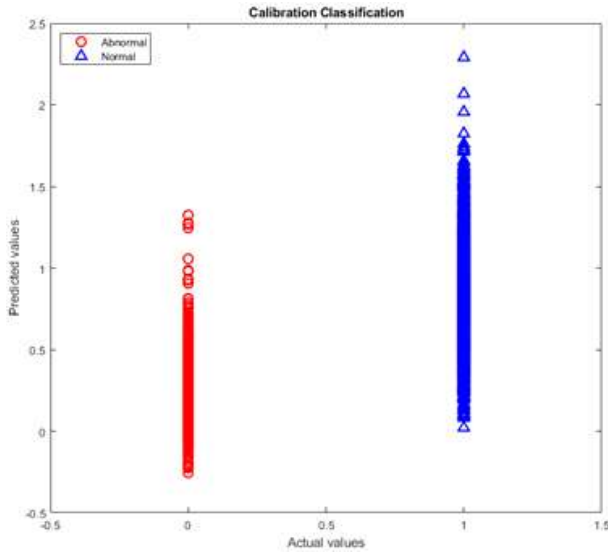


그림 3-24. 정상란과 내부이상란 calibration set 분류모델 결과.

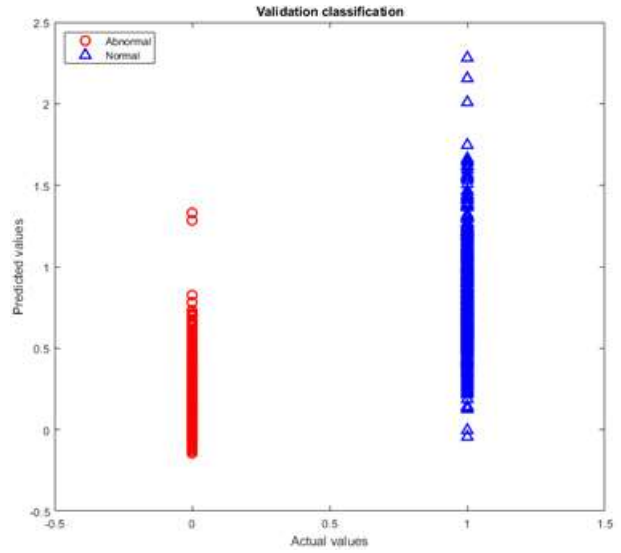


그림 3-25. 정상란과 내부이상란 validation set 분류모델 결과.

- 3개(1-3단계)의 탐지 모델을 적용한 새로운 계란 샘플에 대한 무작위 검사를 진행한 결과는 표 3-5와 같이 각각 87%, 90%, 그리고 92%로 나타났음. 또한 최종 모델의 혼동행렬은 그림 3-26과 같음.

표 3-4. PLS-DA 모델의 교정 및 검증 정확도

Models	Observation Spectra, n(%)	Calibration (%)	Validation (%)
Accurate Detection	6,966	89	88
Moderate Detection	14,364	91	90
Severe Case Detection	6,156	93	93

표 3-5. 새로운 계란 샘플 검사, n: 검사한 계란 샘플의 수

Models	Preprocessing	Test(%) n = 300
Accurate Detection		87
Moderate Detection	Calibrated data	90
Severe Case Detection		92

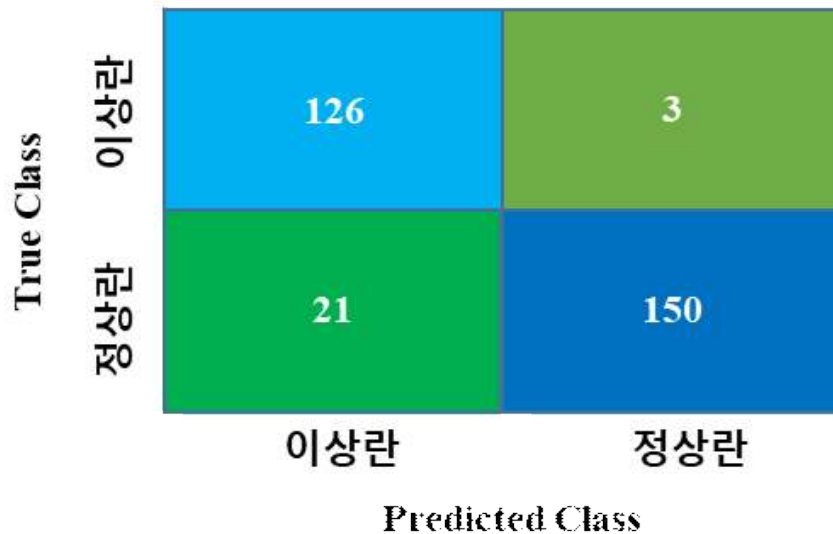


그림 3-26. 검출 모델의 Confusion matrix 결과.

○ 실시간 스펙트럼 측정 및 분석 소프트웨어

- 본 연구팀은 C++ 기반의 GUI 구축과 알고리즘 구성을 통해 선별기에서 실시간으로 스펙트럼을 측정하고 분석하는 소프트웨어를 개발하였음.
- 개발된 소프트웨어는 ‘설정’, ‘실시간 데이터 수집’ 및 ‘실시간 분석’의 세 가지 인터페이스로 구성되었음. 소프트웨어의 실시간 분석 인터페이스는 그림 3-27과 같이 선별 매개변수를 포함하여 분류 결과를 표시하였음.

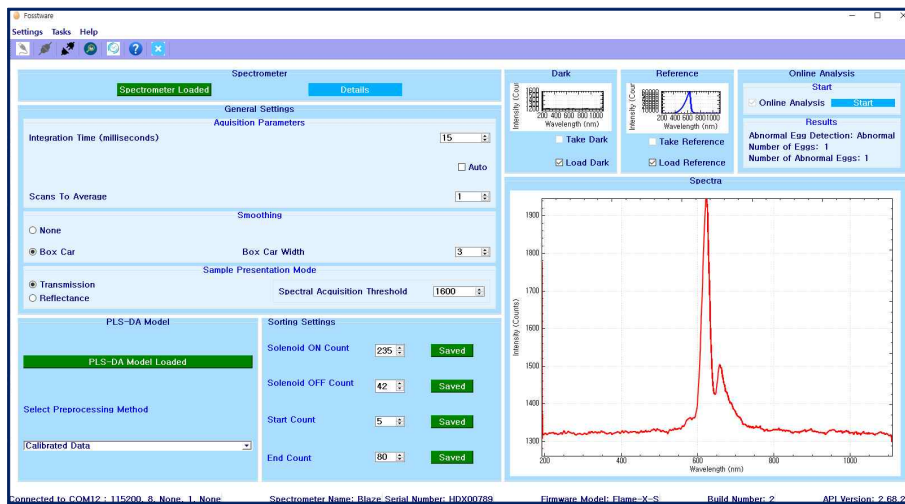


그림 3-27. 선별 매개변수가 포함된 개발된 소프트웨어의 실시간 분석 인터페이스.

- 그림 3-28는 설정 부분에서 시리얼 통신 인터페이스를 나타내며, 자동 정렬이 용이하게 하기 위해 마이크로컨트롤러로 이상 신호가 전송될 수 있도록 시리얼 매개변수 구성을 가능하게 함



그림 3-28. 시리얼 매개변수를 포함한 시리얼 통신 인터페이스.

### ○ 엔코더 펄스의 증가

- 엔코더의 펄스 증가는 시리얼 터미널 소프트웨어인 Docklight에 그림 3-29과 같이 나타났음.
- 사용된 엔코더는 0에서 360까지의 펄스 값을 사용하며, 한 개의 버킷 당(계란의 중심부에서 다음 계란의 중심부까지) 엔코더 값은 약 60 펄스로 측정되었음.
- 엔코더 펄스 값을 활용하여 계란 컨베이어 체인의 움직임 추적이 가능하며, 이상란 검출 과정에서 이상란이 담긴 버킷의 위치를 정확하게 추적할 수 있음.

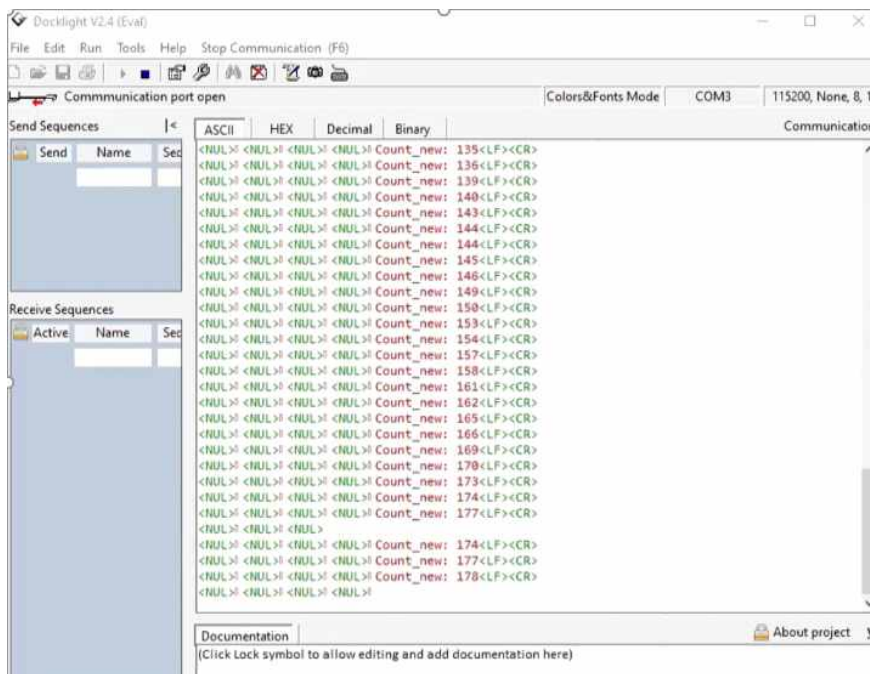


그림 3-29. Docklight 소프트웨어에서 엔코더 펄스가 증가하는 모습.

### ○ 이상란 선별 결과

- 초기 제작된 시스템은 한 번에 한 개의 이상란에 대해 선별을 진행하는 테스트를 진행하였으며, 테스트 결과 성공적으로 한 개의 이상란에 대한 선별이 가능하였음.
- 산업용으로 사용될 이상란 분류 시스템 개발을 진행하는 동안 하드웨어 시스템은 그림 3-19와 같이 다수의 부품이 산업용으로 사용될 수 있도록 추가 및 교체되었음.

- 시스템을 구성하는 각각의 부품들은 시험을 통해 작동 여부를 점검하였으며, 엔코더의 출력은 산업용 계란선별기 장비가 켜질 때의 펄스, STM32 마이크로컨트롤러에 연결된 전기 릴레이 스위치를 통해 24V의 고전압 신호가 제공될 때 회전식 솔레노이드가 켜질 때, USB에서 시리얼 모듈로 이상란이 탐지되면 시리얼 터미널에서 16진수 값을 전송하도록 설계되었음.
- 일반적으로 서로 다른 하드웨어 구성품이 함께 연결된 상태에서 이상란 선별 시스템의 움직임에 따라 모든 이상란 선별 구성 부품을 제어하는 로직으로 선별 펌웨어가 개발되었음. 그리고 선별 펌웨어 및 계란 탐지 소프트웨어의 몇 가지 최적화 과정을 통해 산업용 계란 장비에 부착된 시스템은 6개의 연속된 이상란 선별이 가능함.
- 계란 탐지 소프트웨어 및 이상란을 선별하기 위한 매개변수를 제어하는 방법에 대한 설명은 사용자 설명서에 자세하게 기술하였음.
- 현재 내부이상란의 검출 능력 향상을 증진하는 방식은 3가지를 제안할 수 있음. 3가지 방법을 통해 검출 정확도 증진을 계획하고 있음
- (개선 방안 1) 스펙트로미터의 진동 감축을 통한 하드웨어 시스템의 검출 정확도 향상을 계획하고 있음. 현재 내부이상란의 검출을 위한 스펙트로미터의 설치 위치를 계란 선별기와 분리해 진동을 감소시키고, 검출 신호의 안정화를 높일 계획입니다. 또한, 분광기의 calibration 방법을 추가로 고안하여, auto calibration이 가능한 방식의 시스템 변경을 진행하고 있습니다.
- (개선 방안 2) 데이터베이스의 크기를 증가시켜 검출알고리즘의 결과를 더욱 높이는 방향으로 실험을 진행하고 있음. 특히 일차적으로 23년 6월까지 내부이상란의 데이터를 추가로 1,200개 이상 획득을 목표로 실험을 진행할 목표를 설정하였음
- (개선 방안 3) 현재 구축된 모델에 있어, 파장 영역을 줄여 노이즈 영역 및 protophorphyrin IX(PPIX) 영역의 데이터 제거를 통해 혈란 검출 파장 영역을 명확하게 개선할 계획을 세우고 있음.

### III. 참고문헌 (혈란검출기)

- 농림축산식품부. 2020. 2020 농림축산식품부 주요통계.
- Kim J, Semyalo D, Rho TG, Bae H, Cho BK. 2022. Non-destructive detection of abnormal chicken eggs by using an optimized spectral analysis system. *Sensors (Basel)* 22: 9826.
- Kim DJ, Kim DH, Kang SJ, Kwon KM, Lee JC, Lee KW. 2018. Effects of age of laying hens on internal and external quality of eggs. *Korean J Poult Sci* 45: 63-71.
- Beyer RS. 2005. Factors affecting egg quality
- Lee SK. 2016. Egg quality and storage method. In *Chicken and Egg Science*, 1st ed.: Cheon, S.B., Ed.: Yu Han Mun Hwa Sa: Seoul, Republic of Korea, 2016; pp. 281-312.
- 이성기. 2015. 국내외 혈반과 육반이 함유된 계란 관련 제도 및 법규. *축산식품과학과 산업* 4(1):1-5.
- Lee HS, Kim DY, Kandpal LM, Lee SD, Mo C, Hong SJ, Cho BK. 2014. Development of nondestructive sorting method for brown bloody eggs using VIS/NIR spectroscopy. *J Korean Soc Nondestruct Test* 34: 51-57.
- Wold S, Ruhe A, Wold H, Dunn WJ, Iii. 1984.
- Martens, H.; Naes, T. *Multivariate Calibration*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 1992. The collinearity problem in linear regression. The partial least squares (PLS) approach to generalized inverses." *SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing* 5(3):735-743.
- Brant AW, Norris KH, Chin GA. 1953. spectrophotometric method for detecting blood in white-shell eggs. *Poult. Sci.* 32:357-363.
- Rinnan Å, van den Berg F, Engelsen SB. 2009. Review of the most common pre-processing techniques for near-infrared spectra. *TrAC* 28: 1201-1222.
- Chen M, Zhang L, Xu H. 2015. On-line detection of blood spot introduced into brown-shell eggs using visible absorbance spectroscopy. *Biosyst Eng.* 131: 95-101.
- Titova T, Nachev V, Damyanov C. 2012. Non-destructive egg quality determination with intelligent classifiers. In *Proceedings of the XI International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements*, Niš, Serbia, 14-16 November 451-454.
- Li C, Guo Y, Zhang F, Dong F, Hu Y, Dong S. 2018. The dark-signal real-time correction method of CCD digital image, in: *Springer Proc. Phys.*
- Jenie RP, Nasiba U, Rahayu I, Nurdin NM, Husein I, Alatas H. 2019. Review on wavelength for non-invasive blood hemoglobin level measurement optical device, in: *AIP Conf Proc.*
- Keshari AK. 2016 *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF Evaluation of the Effect of Hydrogen Peroxide*
- Faqeerzada MA, Lohumi S, Kim G, Joshi R, Lee H, Kim MS, Cho BK. 2020. Hyperspectral shortwave infrared image analysis for detection of adulterants in almond powder with one-class classification method. *Sensors (Basel)* 20:5855.

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

제1세부과제(주관 : ㈜에그텍)

##### 가. 스마트 계란선별기의 고장예측 시스템 개발

- 계란선별기의 5년간의 A/S 보고서 (작성기간 : 2015년 12월 - 2020년 5월)를 분석하고, 계란선별기의 sub-system 별 고장률을 계산하여, 고장예측이 필요한 sub-system 으로 세척건조부, 무게측정부, 트레이 디스펜서부를 선정하였음.
- 상기의 3개 sub-system 별로 고장 예측에 필요한 계측 변수와 계측 방법을 설계 및 모델링하고, 이를 위한 센서 및 장비를 선정 또는 설계하였음.
- 상기의 3개 sub-system 별로 계측된 변수값을 Machine Learning 기반 알고리즘을 이용하여 분석하고 각각의 sub-system 별로 고장예측 모델을 개발함.
- 개발된 고장예측 모델을 EGGTEC 양계 빅데이터 플랫폼과 연동시켜서 실시간으로 스마트 계란선별기의 작동상태를 감시하고 3개의 sub-system의 고장을 예측할 수 있는 시스템을 개발함.

##### 나. EGGTEC 양계 빅데이터 플랫폼 (EBDP) 개발

- EBDP는 에그텍 계란선별기에서 수집할 수 있는 생산 수량 데이터, 고장 데이터를 기반으로 선별기가 설치된 농장에서 생산 수량을 손쉽게 파악하고, 선별기의 고장을 플랫폼에서 시각화하여 표현함으로써 현장 밖에서도 빠른 대응이 가능하게끔 하는 것을 목적으로 개발함.
- EBDP는 에그텍 계란선별기를 사용하는 양계 농장의 농장 데이터와 계사 데이터, 계사 환경 데이터, 계군 데이터를 수집하고 분석하여 생산효율과 사료요구율 등과 같은 유의미한 데이터를 얻을 수 있게 함.
- EBDP는 에그텍 계란선별기의 고장 내역과 A/S 보고서 내용을 전산화하여 데이터를 축적하고, 고장 내역 통계 뿐만 아니라 선별기의 고장예측 자료로 활용하는 것을 목적으로 함.
- EBDP는 기존 시스템과는 다르게 반응형 웹으로 개발하여 농장이 아닌 어느 곳에서든 모바일, 태블릿으로 쉽게 접속하여 농장 현황을 확인할 수 있는 자유로운 상황에서의 대응이 가능하도록 개발되었음.
- EBDP는 웹으로 개발하여 인터넷 접속이 가능한 환경에서의 접근이 편리하게 함. 다른 지역이나 국가에서도 접근 및 통신이 가능해야 하기 때문에 웹 표준을 준수하여 웹 사이트를 작성하였고, 반응형으로 개발하여 휴대폰, 태블릿 등의 다양한 전자기기로 인터넷을 통해 플랫폼에 접속했을 시 사용자 화면이 자연스럽게 조절되게끔 함으로써 앱처럼 보이게끔 하는 효과를 줌.
- 앱은 크게 환경이 안드로이드/iOS로 분리되어 있으며 각각의 규격이 다르므로 따로 개발해야 하나, 앱을 다운받을 필요가 없도록, 사용자 접근성, 편리성이 좋은 웹으로 플랫폼을 설계 및 구현함.



나. EGGTEC 양계 빅데이터 플랫폼 (EBDP) 개발 (-계속)

- 현재 스마트팜에서 계란 생산 데이터가 수집되고 있지만 데이터 활용방안에 대해서는 알 수 없음. EBDP에서 에그텍 계란선별기를 사용하는 농장들의 데이터를 직접 수집할 수 있으며, 자체적으로 분석할 수 있는 환경이 갖춰진다면 생산성 증대에 관한 연구뿐만 아니라 다양한 연구에 활용할 수 있을 것이라 예상됨.
- EBDP는 REST-API 방식으로 데이터를 장비에 최적화된 웹으로 수집하고, 자체 서버에서 데이터를 처리함. 선별기에서 보내는 로우 데이터는 따로 저장하고, 로우 데이터를 복사하여 사용하기 때문에 오류 데이터의 제거 및 보정을 할 수 있고 신뢰도 높은 데이터를 얻을 수 있음.

제2세부과제(협동 : 충남대학교)

가. 미세 파각란 고속 판별장치 제어시스템 개발

- 진공 생성 장치 제어 모듈을 설계 및 개발하고, 계란 이송 장치를 설계 및 개발한 후에 미세 파각란 고속 판별 시스템 통합 제어 프로세스를 개발하였음.

나. 계란 검출 알고리즘 및 프로그램 최적화

- 미세 파각란 검출 알고리즘을 최적화하고, 계란 광원 장치와 카메라 시스템을 최적화하였으며, 미세 파각란 자동 검출 프로그램을 최적화하였음.

다. 미세 파각란 고속 판별장치 종합 성능평가

- 미세 파각란 고속 판별장치의 알고리즘 성능을 검증하였음

라. 전기장을 이용한 미세파각란 판별 시스템 개발

- 계란의 전기적, 기하학적 특성을 측정하고, 전기방전 기반 미세파각란 판별 시스템을 설계 및 제작하였음.

제3세부과제(위탁 : 충남대학교)

가. 이상란 분광 DB 구축

- 금 코팅 램프와 은 코팅 램프로 각 계란의 요소별 스펙트럼을 비교하였을 때의 차이점을 확인하였으며, 기존의 연구 결과들과 마찬가지로 본 연구에서도 hemoglobin 흡광 파장인 577nm의 영역에서 transmittance 방식의 투광 시 혈란의 intensity가 감소하는 것을 확인할 수 있었음.
- 또한 은 코팅 램프와 금 코팅 램프의 파장 비교를 통해 hemoglobin 영역과 가까운 파장인 은 코팅 램프 사용 시 파장의 intensity 차이를 증가시켜 분류 정확도를 증가시킬 수 있는 가능성을 보여주었음.

---

제3세부과제(위탁 : 충남대학교)-계속

나. 최적 파장 조합 모델 개발

- 본 연구를 통해 구축된 6가지 모델 중 1가지 모델(금 코팅+condition 1)을 제외하고, 90% 이상의 분류 정확도를 나타냈음.
- 금 코팅은 mean normalization 처리를 한 결과가 가장 우수하였음. 반면 은 코팅의 경우는 range normalization을 진행한 처리구에서 높은 분류 결과를 나타냄. 또한 구축된 모델에서 577nm가 중요한 파장으로 확인되는 것을 볼 수 있었음.
- 본 연구의 결과를 통해 은 코팅이 금 코팅 램프를 대체할 수 있는 가능성을 보여주었으며, 추후 추가적인 밴드 선택 방법과 모델 개선을 통해 모델의 간소화와 시스템 구축 시 금액의 절감 가능성을 보여주었음.

다. 실시간 검출용 소프트웨어 및 하드웨어 구축

- 실시간 이상란 검출용 하드웨어 및 소프트웨어 구축을 통해 이상란의 on-line 시스템 구축가능성을 확인할 수 있었음.
- 다만, 현재까지 구축된 시스템에 대한 최적화가 진행되지 않았으며, 분류 모델 구축 시 샘플 또한 많은 수를 사용하지 않아 추가적인 DB 구축과 최적화가 필요한 단계임.

라. 온라인 선별기에 장착 가능한 하드웨어 제작

- 제작된 하드웨어는 제어용 산업용 컴퓨터, 에그텍 선별기 B30K에 장착된 센싱 모듈, 센싱 모듈과 계란 측정 장비와,
- 센싱 모듈 커버의 전후면 케이스, 분광계 보호용 커버 등을 제작함.

마. 실시간 이상란 검출기 구축 및 성능검증

- 초기 제작된 시스템은 한 번에 한 개의 이상란에 대해 선별을 진행하는 테스트를 진행하였으며, 테스트 결과 성공적으로 한 개의 이상란에 대한 선별이 가능하였음.
- 산업용으로 사용될 이상란 분류 시스템 개발을 진행하는 동안 하드웨어 시스템은 다수의 부품이 산업용으로 사용될 수 있도록 추가 및 교체되었음.
- 시스템을 구성하는 각각의 부품들은 시험을 통해 작동 여부를 점검하였으며, 엔코더의 출력은 산업용 계란선별기 장비가 켜질 때의 펄스, STM32 마이크로컨트롤러에 연결된 전기 릴레이 스위치를 통해 24V의 고전압 신호가 제공될 때 회전식 솔레노이드가 켜질 때, USB에서 시리얼 모듈로 이상란이 탐지되면 시리얼 터미널에서 16진수 값을 전송하도록 설계되었음.
- 일반적으로 서로 다른 하드웨어 구성품이 함께 연결된 상태에서 이상란 선별 시스템의 움직임에 따라 모든 이상란 선별 구성 부품을 제어하는 로직으로 선별 펌웨어가 개발되었음. 그리고 선별 펌웨어 및 계란 탐지 소프트웨어의 몇 가지 최적화 과정을 통해 산업용 계란 장비에 부착된 시스템은 6개의 연속된 이상란 선별이 가능함.
- 계란 탐지 소프트웨어 및 이상란을 선별하기 위한 매개변수를 제어하는 방법에 대한 설명은 사용자 설명서에 자세하게 기술하였음.

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정할 수 있습니다.)

---

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Development of Failure Prediction Model of Smart Egg Grader Using Machine Learning	Proceedings of The 10 <sup>th</sup> International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB2022)	Dongil Chang	Vol 1: 72-84	Taiwan	ISMAB2022	비SCIE	Nov. 15, 2022		

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
2	Non-destructive identification of fake eggs using fluorescence spectral analysis and hyperspectral imaging	Korean Journal of Agricultural Science	김건우, Ritu Joshi, Rahul Joshi, Moon S. Kim, 백인석, 김준태, 박은성, 이훈수, 모창연, 조병관	49(3):495-510	대한민국	충남대학교 농업과학연구소	KCI(비SCIE)	2022.07.13	2466-2402	
3	Non-Destructive Detection of Abnormal Chicken Eggs by Using an Optimized Spectral Analysis System	Sensors	김준태, Semyalo Dennis, 노태균, 배형진, 조병관	22(24):9826	-	MDPI	SCIE	2022.12.14	1424-8220	-
4	Current advances in detection of abnormal egg: a review	Journal of Animal Science and Technology	조성용, 소준휘	64(5)	Korea	한국축산학회	SCIE	22.09.30	2672-0191	
5	Determination of electrical and geometric properties of brown eggs	Korean journal of agricultural science	조성용	49(4)	Korea	충남대학교 농업과학연구소	비SCIE	22.12.01	2466-2402	
6	Development of brown egg micro-crack detection system using modified pressure method	Journal of agricultural machinery engineering	소준휘	2(1)	Korea	농업기계학회	비SCIE	22.12.31	2799-8673	

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	Proceedings of The 10 <sup>th</sup> International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB2022)	Dongil Chang, Honggi Yoon, Eunchul Lee, Joohyun Jo, Byoung-Kwan Cho, Seunghyun Lee, Yeonghun Chae, Daekyeom Lee	Nov. 22, 2022	Kaohsiung, Taiwan	Taiwan
2	52 <sup>nd</sup> KoSFA international symposium and annual meeting	김준태	2020.10.29-31	공주대학교 예산캠퍼스 (온라인 진행)	Korea
3	20 <sup>th</sup> International conference on near infrared spectroscopy	김준태, 조병관	2021.10.18-21	중국 베이징 (온라인 진행)	China
4	The 8 <sup>th</sup> Asian NIR symposium 2022	Semyalo Dennis, Juntae Kim, Collins Wakholi, Byoung-Kwan Cho	2022.11.28-30	대한민국 서울 (온라인 진행)	Korea
5	2020년 추계 학술대회 및 제46차 정기총회	소준휘	20.10.26	온라인 회의	Korea
6	6th Asia-Pacific Symposium on Food Safety 2021	조성용	21.11.12	제주국제컨벤션센터(I CC JEJU)	Korea
7	2022 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting	조성용	22.07.08	벡스코(BEXCO)	Korea
8	The XX CIGR World Congress 2022	조성용	22.12.07	일본 교토 국제컨퍼런스센터	Japan



[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	스마트 고장 예측 기능을 구비한 스마트 계란 선별기 시스템	대한민국	장동일 이은철 (주)에그텍	2022년 11월 14일	10-2022 -015 1753						
2	이종광원 및 파장 최적화 기법을 이용한 이상란 검출 장치	대한민국	충남 대학교 산학 협력단	2022년 12월 19일	10-2022 -017 8248						
3	전기 방전 기반 미세 파각란 선별 장치	대한민국	충남 대학교 산학 협력단	2022년 05월 30일	10-2022 -006 5319						

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	스마트계란선별기	2022년 9월30일	(주)에그텍	(주)에그텍 실험실	스마트 계란 선별기 종합 성능시험	12개월		
2	혈란검출기	2022년 11월25일	(주)에그텍	(주)에그텍 실험실	혈란검출	12개월		
3	파각란검출기	2022년 12월02일	(주)에그텍	(주)에그텍 실험실	미세 파각검출	12개월		

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
<p>제1세부과제(주관 : ㈜에그텍)</p> <p>- ICT 기반 계란 선별기 원격 통합관리기술 및 AI 기반 고장예측 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 스마트 계란선별기 고장예측 모델개발</li> <li>○ 빅데이터 플랫폼 개발</li> <li>○ 계란 선별기 원격 통합관리기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ AI 기반 스마트 계란선별기 고장예측 모델개발</li> <li>○ UI/UX 기획 내용에 따라 EGGTEC Big Data Platform 개발</li> <li>○ 고장예측 모델과 EGGTEC Big Data Platform을 결합한 ICT 기반 계란 선별기 원격 통합관리기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 100%</li> <li>○ 100%</li> <li>○ 100%</li> </ul>
<p>제2세부과제(협동 : 충남대학교)</p> <p>- 미세 파각란 자동판별을 위한 음압방식 적용 고속 판별장치 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미세 파각란 검출 진공실험장치 및 영상장치 구축</li> <li>○ 미세 파각란 고속 판별장치 개발</li> <li>○ 실시간 미세 파각란 영상 판별 알고리즘 개발</li> <li>○ 미세 파각란 고속 판별장치 제어시스템 개발</li> <li>○ 미세 파각란 고속 검출장치 종합 성능평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미세 파각란 검출 진공실험장치 및 영상장치 구축)</li> <li>○ 미세 파각란 고속 판별장치 개발</li> <li>○ 실시간 미세 파각란 영상 판별 알고리즘 개발</li> <li>○ 미세 파각란 고속 판별장치 제어시스템 개발</li> <li>○ 미세 파각란 고속 검출장치 종합 성능평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 100%</li> <li>○ 100%</li> <li>○ 100%</li> <li>○ 100%</li> <li>○ 100%</li> </ul>
<p>제3세부과제(위탁 : 충남대학교)</p> <p>- 내부 이상란 자동판별을 위한 AI 기반 고속 판별장치 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이상란 분광 DB 구축</li> <li>○ 최적 파장 조합 모델 개발</li> <li>○ 실시간 검출용 소프트웨어 및 하드웨어 구축</li> <li>○ 온라인 선별기에 장착 가능한 하드웨어 제작</li> <li>○ 실시간 이상란 검출기 구축 및 성능검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이상란 분광 DB 구축</li> <li>○ 최적 파장 조합 모델 개발</li> <li>○ 실시간 검출용 소프트웨어 및 하드웨어 구축</li> <li>○ 온라인 선별기에 장착 가능한 하드웨어 제작</li> <li>○ 실시간 이상란 검출기 구축 및 성능검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 100%</li> <li>○ 100%</li> <li>○ 100%</li> <li>○ 100%</li> <li>○ 100%</li> </ul>

## 4. 목표 미달 시 원인분석

### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 1) 특허등록-출원한 특허가 지금 심사중이어서 특허등록 목표 5건에 미달되었음.
- 2) 기술료-아직 특허등록이 완료되지 않아 기술료 2,000만원의 지급 내역이 정해지지 않았음.
- 3) 매출액-산업화 제품의 제작이 완료되지 않아 매출액 8억원의 목표가 미달되었음.
- 4) 수출액-산업화 제품의 제작이 완료되지 않아 수출액 5억원의 목표가 미달되었음.
- 5) 기술인증-목표가 3건인데, 기술인증기관인 한국농업기술진흥원(전북 익산 소재)에 문의한 결과, 현재 혈란, 이상란 검출 시스템 및 파각란 검출 시스템을 위한 기준을 만드는 중이며, 2024년 법 개정을 통해 축산기계 검증기준을 신설할 예정이라는 답변을 전달받았으며, 이로 인해 목표를 달성하지 못했음.

### 2) 자체 보완활동

- 1) 특허등록-출원한 특허가 지금 심사 중이며, 심사 후에 등록할 예정이며, 산업화 과정에서 추가로 개발되는 기술에 대해서도 또한 2건의 특허를 출원 및 등록할 예정임.
- 2) 기술료-아직 특허등록이 되지 않아 기술료 지급 내역이 정해지지 않았으며, 특허등록 후에 기술료 2,000만원을 달성하도록 지급 내용을 결정할 예정임.
- 3) 매출액-산업화 제품의 제작이 완료되지 않아 현재 매출액 8억원의 목표에 미달되었으나, 산업화 완료 후에 산란계 농장 및 계란유통센터를 방문 및 적극적인 영업활동을 통하여 매출액 8억원을 달성하고자 함.
- 4) 수출액-산업화 제품의 제작이 완료되지 않아 현재 매출액 5억원의 목표에 미달되었으나, 산업화 완료 후에 해외 에이전트를 가지고 있는 중국, 필리핀 및 동남아를 대상으로 적극적인 해외 영업활동을 통하여 매출액 5억원을 달성하고자 함.
- 5) 기술인증-목표가 3건인데, 기술인증기관인 한국농업기술진흥원에 문의한 결과, 현재 혈란, 이상란 검출 시스템 및 파각란 검출 시스템을 위한 기준을 만드는 중이며, 2024년 법 개정을 통해 축산기계 검증기준이 신설될 예정이라 전달받았음. 따라서 추후 검증기준이 완성되는 대로 기준에 맞게 3건의 기술인증을 평가받을 준비를 진행할 예정임.

### 3) 연구개발 과정의 성실성

- 1) 특히 본 연구결과 평가위원회에서 최종발표 평가서에 기술인증 신청서 제출을 요청하시어, 기술인증 신청서 서식을 한국농업기술진흥원에 요청하여 담당 연구원으로부터 받아서 해당 내용을 기입하였으며, 이 신청서를 다음 페이지에 추가하였습니다. (참고: 기술인증 신청서)

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 종질지(80g/m<sup>2</sup>)

(22쪽 중 13쪽)

## 농업기계 ( 이상란 검출기 ) 시험신청서

접수번호	접수일	처리기간 종합시험 45일, 성능시험 30일, 안전시험 30일, 국제표준시험 60일, 변경시험 20일
신청인 (대표자)	성 명 : 윤택진	사업자등록번호 : <input style="width: 100px;" type="text"/> (법인등록번호)
	주 소 : 대전광역시 <input style="width: 100px;" type="text"/>	
	상 호 : ㈜에그텍	
시험 용도의 제품	기 종 명 : 이상란 검출기	
	형 식 명 : 온라인 선별기에 장착된 이상란 검출기	
	형식 및 규격 : 연속식, 30,000란/시간	
	제조번호 : 농림식품기술기획평가원 연구개발과제번호(120104-3) 시작품 (연구개발과제명: 인공지능 ICT 기반 스마트 계란 선별시스템 개발)	
시험번호		
시험 항목 및 생략사항	이상란 검출률(%)	
시험 용도의 제품 제출 장소 및 날짜	한국농업기술진흥원 민원실 (2023년 4월 28일)	
성적서 발급 종류	일반성적서 <input type="checkbox"/> 국제공인(KOLAS)성적서 <input checked="" type="checkbox"/>	

「한국농업기술진흥원 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제1항 및 제2항에 따라 위와 같이 농업 기계의 시험을 신청합니다.

2023년 4월 28일

신청인

윤택진 (서명: 윤택진인)

### 한국농업기술진흥원장 귀하

「제출한 시험용도의 제품은 성적서를 발급한 날부터 30일간 보관하며, 이후 3회에 걸친 제품인수 추가통지 기한까지 찾아가지 않는 경우에는 이 규칙 제12조제2항에 따라 농진원이 임의처분 하여도 이의를 제기하지 않겠습니다.」

첨부서류	1. 종합시험, 안전시험 : 규격 및 성능 설명서, 농업기계의 외관도 1부, 사용설명서와 원동기배출가스 인증서 사본(농업용 트랙터, 콤바인) 각 1부 2. 국제표준시험, 성능시험 : 규격 및 성능설명서 1부 3. 변경시험 : 변경내용 및 그 사유를 적은 서류 1부	분석시험 등의 수수료 규정에 의한 금액
------	---	--------------------------

### 작성 방법

1. 시험번호는 접수기관에서 부여하므로 빈칸으로 둡니다.
2. 시험 용도의 제품 제출 장소 및 날짜란은 시험 용도의 제품을 시험 전까지 보관하기 어렵거나, 포장 또는 현장에서 시험을 실시하는 경우로서 시험 용도의 제품을 별도로 제출하는 경우에만 작성합니다.
3. 원동기배출가스 인증서는 「대기환경보전법 시행규칙」 별지 제32호의2서식을 제출합니다.

210mm×297mm[백상지 80g/㎡]

## 농업기계 ( 미세파각란 검출기 ) 시험신청서

접수번호	접수일	처리기간 종합시험 45일, 성능시험 30일, 안전시험 30일, 국제표준시험 60일, 변경시험 20일
신청인 (대표자)	성명 : 윤택진	사업자등록번호 : <input style="width: 100px;" type="text"/> (법인등록번호)
	주소 : 대전광역시 <input style="width: 150px;" type="text"/>	<input style="width: 400px;" type="text"/>
	상호 : (주)에그텍	
시험 용도의 제품	기종명 : 미세파각란 검출기	
	형식명 : 반연속식 미세 파각란 검출기	
	형식 및 규격 : 반연속식, 120란/분	
	제조번호 : 농림식품기술기획평가원 연구개발과제번호(120104-3) 시작품 (연구개발과제명: 인공지능 ICT 기반 스마트 계란 선별시스템 개발)	
시험번호		
시험 항목 및 생략사항	미세 파각란 검출률(%)	
시험 용도의 제품 제출 장소 및 날짜	한국농업기술진흥원 민원실 (2023년 4월 28일)	
성적서 발급 종류	일반성적서 <input type="checkbox"/> 국제공인(KOLAS)성적서 <input checked="" type="checkbox"/>	

「한국농업기술진흥원 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제1항 및 제2항에 따라 위와 같이 농업 기계의 시험을 신청합니다.

2023년 4월 28일

신청인

윤택진 (서명 또는 인)



**한국농업기술진흥원장** 귀하

「제출한 시험용도의 제품은 성적서를 발급한 날부터 30일간 보관하며, 이후 3회에 걸친 제품인수 추가통지 기한까지 찾아가지 않는 경우에는 이 규칙 제12조제2항에 따라 농진원이 임의처분 하여도 이의를 제기하지 않겠습니다.」

첨부서류	1. 종합시험, 안전시험 : 규격 및 성능 설명서, 농업기계의 외관도 1부, 사용설명서와 원동기배출가스 인증서 사본(농업용 트랙터, 콤바인) 각 1부 2. 국제표준시험, 성능시험 : 규격 및 성능설명서 1부 3. 변경시험 : 변경내용 및 그 사유를 적은 서류 1부	분석시험 등의 수수료 규정에 의한 금액
------	---	--------------------------

### 작성 방법

1. 시험번호는 접수기관에서 부여하므로 빈칸으로 둡니다.
2. 시험 용도의 제품 제출 장소 및 날짜란은 시험 용도의 제품을 시험 전까지 보관하기 어렵거나, 포장 또는 현장에서 시험을 실시하는 경우로서 시험 용도의 제품을 별도로 제출하는 경우에만 작성합니다.
3. 원동기배출가스 인증서는 「대기환경보전법 시행규칙」 별지 제32호의2서식을 제출합니다.

210mm×297mm[백상지 80g/m<sup>2</sup>]

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

연구개발성과의 관련 분야에 대한 경제적·사회적 파급효과뿐만 아니라  
연구개발성과에 대한 기술 기여도 및 산정근거\*를 포함하여 작성

\* 기술기여도 산정 가이드라인 참고

- 혁신법 시행('21.1.) 이후 협약과제 또는 혁신법 시행 이전 협약과제 중 경상기술료 납부 희망 과제  
 단, 혁신법 시행('21.1.) 이전 협약과제 중 정액기술료 납부를 희망하는 경우 기술기여도 작성 불필요

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구 개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
인공지능 ICT 기반 스마트 계란 선별시 스템 개발	ICT 기반 계란 선별기 원격 통합관리기술 및 AI 기반 고장예측 기술개발	(주)에그텍	중소기업 (영리)	1,056.0	726.0	68.75%	신규 기술개발	①	68.75%
	미세파각란 자동판별을 위한 음압방식 적용 고속 판별장치 개발	충남 대학교	대학 (비영리)	260.0	260.0	1.000	신규 기술개발	해당 없음	-
	내부 이상란 자동판별을 위한 AI 기반 고속 판별장치 개발	충남 대학교	대학 (비영리)	210.9	210.9	1.000	신규 기술개발	해당 없음	
			)						
<b>계</b>				<b>1,316</b>	<b>986</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>



## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

연구개발성과 활용계획표 성과항목 중 사업화 계획(매출액, 기술료 등) 작성 필수

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2023	2024	2025	2026	2027
국외논문	SCIE					
	비SCIE	○				
국내논문	SCIE					
	비SCIE	○				
특허출원	국내					
	국외					
특허등록	국내		○			
	국외					
인력양성	학사					
	석사					
	박사					
사업화	시제품개발	○	○			
	상품출시		○	○	○	○
	기술이전	○				
	공정개발	○				
	매출액(단위 : 천원)		300,000	500,000	100,000	100,000
기술료(단위 : 천원)		10,312.5	17,187.5	3,437.5	3,437.5	
비임상시험 실시						
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상				
		2상				
		3상				
	의료기기					
진료지침개발						
신의료기술개발						
성과홍보						
포상 및 수상실적						
정성적 성과 주요 내용						

### < 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서 2) 연구성과 활용계획서
2.	1) 2)

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)]

## 주 의

1. 이 보고서는 “농림축산식품부”에서 시행한 “첨단농기계산업화기술개발사업” “인공지능 ICT 기반 스마트 계란 선별시스템 개발” 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 “농림축산식품부”(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 “정부지원” 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.